# L'INTERPRETEUR BASIC du TO 7-70

le comprendre

le compléter

l'améliorer

## CHEZ LE MEME EDITEUR

| | |
|---|---|
| AUBERT et SCHOMBERG | - *Pratiquez l'intelligence artificielle* - 144 p. ; 1985, (coll. Micro-ordinateurs). |
| BERNARD | - *L'assembleur facile du 6809* - 168 p. ; 1985, (coll. Micro-ordinateurs). |
| BUI MINH DUC | - *Programmation en assembleur 6809* - 388 p. ; 1985. |
| DARDANNE | - *Microprocesseur 6809.* Ses périphériques et le processeur graphique 9365-66 - 304 p. ; 1984. |
| DELAHAYE | - *Dessins géométriques et artistiques avec votre micro-ordinateur* - 256 p. ; 1985. |
| GUILLON | - *La conduite du TO7-70* - 208 p. ; 1985, (coll. Micro-ordinateurs). |
| KRIEGER | - *Programmes pédagogiques sur TO7, TO7-70, MO5* - 168 p. ; 1985, (coll. E.A.O.). |
| KRUTCH | - *Expériences d'intelligence artificielle en Basic* - 128 p. ; 1984, (coll. Micro-ordinateurs). |
| VANRYB et POLITIS | - *MSX.* Basic MSX et MSX-DOS - 212 p. ; 1985. |
| VEY | - *Apprentissage et utilisation du bus IEEE 488/CEI 625* - 232 p. ; 1985. |
| WANNER | - *Aller plus loin en Basic TO7* - 312 p. ; 1985, (coll. Microplus). |

# L'INTERPRETEUR BASIC du TO 7-70

## le comprendre — l'améliorer — le compléter

par

**André NABONNE**




61, boulevard Saint-Germain — 75005 Paris
1985

Si vous désirez être tenu au courant de nos publications, il vous suffit d'adresser votre carte de visite au :

Service «Presse», Éditions EYROLLES
61, Boulevard Saint-Germain,
75240 PARIS CEDEX 05,

en précisant les domaines qui vous intéressent. Vous recevrez régulièrement un avis de parution des nouveautés en vente chez votre libraire habituel.

# Introduction

*Il est peu habituel de se soucier de la manière dont un programme BASIC est exécuté par un ordinateur.*

*Ce dernier n'est pourtant capable d'exécuter directement que des instructions tout à fait élémentaires, beaucoup moins complexes qu'un FOR ou IF ou autres BOXF...*

*Nous nous intéressons donc dans cet ouvrage à* l'interpréteur, *c'est-à-dire au programme chargé de décoder et exécuter des instructions écrites en BASIC.*

*Nous avons choisi pour cela la très répandue version 5.0 de la société MICROSOFT, écrite ici pour les deux micro-ordinateurs THOMSON TO7 et TO7-70 et leur microprocesseur 6809.*

*Après avoir présenté dans une première partie les deux TO7 et étudié en détail la programmation du 6809, la deuxième partie permet de* comprendre *le fonctionnement de l'interpréteur, commun aux deux TO7.*

*Les deux autres parties de cet ouvrage sont ensuite consacrées aux applications, consistant d'abord à* modifier et compléter *le BASIC d'origine, puis à* améliorer *ses performances.*

*Ce livre se veut à la portée aussi bien du programmeur "avancé" qu'à celle du débutant, qui pourra dans un premier temps se consacrer aux applications et découvrir ensuite la programmation en langage machine.*

*Il poursuit un triple but :*

- *But "pédagogique" d'abord, sans qu'il soit question de théorie, avec la présentation détaillée du 6809, la méthode générale de décodage d'un interpréteur quelconque, la présentation de quelques notions importantes en général méconnues du programmeur BASIC comme celles de portée d'une variable ou de récursivité et enfin la découverte de ce qui se passe "derrière" les GOTO, IF ou FOR habituels.*
- *But "utilitaire" ensuite, avec la présentation de routines ou de programmes BASIC permettant de transformer l'interpréteur, tant au point de vue utilisation (nouvelles fonctions et instructions, procédures, sprites, BASIC français...) qu'à celui des performances (compilation).*
- *But "incitatif" enfin, en donnant tous les moyens de mettre en œuvre les propres idées de chacun, et toutes les méthodes permettant de comprendre et de transformer de même qu'ici l'interpréteur BASIC d'un ordinateur quelconque (MO5 en particulier).*

# Table des matières

ANNEXES

## Première partie

# LES TO7. LE 68Ø9
# LE LANGAGE MACHINE

Nous décrivons ici les principales caractéristiques des deux micro-ordinateurs TO7 de THOMSON, ainsi que les éléments du moniteur et du BASIC que nous utiliserons plus tard dans la suite de ce livre ; les différences entre TO7 et TO7-7Ø sont particulièrement développées.

Nous ne détaillons par contre pas les instructions du BASIC, partiellement décrites dans le livre d'initiation fourni avec les TO7, ou plus précisément dans divers ouvrages dont le manuel de référence.

# 1

# Les TO7

## I. Caractéristiques générales

Les deux ordinateurs TO7 et TO7-7Ø, apparus respectivement fin 82 et mi 84, sont parfaitement représentatifs de ce que l'on peut attendre aujourd'hui de l'informatique "familiale".

Nous citerons par exemple :

— Affichage en couleur : 8 pour le TO7, 16 pour le TO7-7Ø qui permet 8 couleurs supplémentaires.

— Graphisme très fin de 32Ø × 2ØØ points, entièrement mixable avec du texte.

— Présence d'un crayon optique permettant de dessiner sur l'écran, de choisir entre différentes options (menu), etc...

— Générateur de sons sur 5 octaves.

— 32 K octets de mémoire vive directement accessibles par le BASIC (plus 16 K commutables, soit 48 K en tout) pour la version de base du TO7-7Ø (extensibles à 112 K), contre 8 K (extensibles à 24 K) pour le TO7.

— BASIC Microsoft extrêmement complet, utilisant parfaitement la puissance du très moderne microprocesseur 68Ø9.

— Cartouches de programmes en mémoire morte (16 K), permettant de changer instantanément d'application ou de langage (BASIC, LOGO, assembleur...).

— Interfaces en option pour le TO7-7Ø permettant la digitalisation d'images, l'incrustation d'images vidéo et l'accès au réseau Télétel.

## *II. Le BASIC*

Le BASIC est actuellement commun aux deux TO7 ; il possède toutes les fonctions classiques du BASIC Microsoft dans ses versions les plus récentes (version 5.0) :

— Test IF...THEN...ELSE.

— Quatre types de variables, dont la double précision, les noms pouvant avoir 16 caractères significatifs.

— Instructions graphiques très souples : LINE, BOX, COLOR, SCREEN, etc...

— Instructions de gestion du stylo optique.

— Éditeur "plein écran".

— Traitement des erreurs : ON...ERROR..., ERR, ERL, RESUME.

— Opérations sur les fichiers de données.

Ce BASIC très complet est aussi très rapide ; il peut être encore amélioré avec l'extension disque, qui apporte de nouvelles instructions comme RENUM, PAINT, DRAW, CIRCLE, etc...

# III. Organisation de la mémoire

## 1. Organisation générale

Elle est la même pour les deux TO7.

| *Adresses* | *Contenu* |
|---|---|
| $ØØØØ à $3FFF<br>(Ø à 16383) | Cartouche ROM (interpréteur BASIC) ;<br>16 K octets |
| $4ØØØ à $5F3F<br>(16384 à 24383) | Mémoire écran ; 2 fois 8 K octets<br>situés à la même adresse |
| $6ØØØ à $xxxx<br>(à partir de 24576) | Mémoire RAM utilisateur ; premiers<br>1,5 K réservés au moniteur et au BASIC |
| $EØØØ à $E7BF<br>(57344 à 59327) | Pour le DOS ; 1,9 K |
| $E7CØ à $E7E7<br>(59328 à 59367) | Adresses d'entrée-sortie |
| $E8ØØ à $FFFF<br>(59392 à 65535) | Moniteur ; 6 K octets |

REMARQUE : Un nombre précédé de $ désigne une *adresse* exprimée en hexadécimal (voir chapitre III et annexes).

Un nombre précédé de &H désignera dans toute la suite une *valeur* hexadécimale.

Sur le TO7 de base, la zone mémoire utilisateur se termine en $7FFF(32767) ; l'extension 16 K porte l'adresse de fin à $BFFF(49151), soient 24 K octets, dont 22,5 disponibles pour les programmes BASIC.

## 2. Accès aux différentes banques de mémoire du TO7-7Ø

Sur le TO7-7Ø, la mémoire utilisateur va jusqu'en $DFFF(57343), soient 32 K octets (dont 3Ø,5 disponibles pour les programmes BASIC).

La zone située entre $AØØØ(4Ø96Ø) et $DFFF comprend en fait 2 banques de 16 K octets commutables par logiciel ; l'extension mémoire porte ce nombre à 6.

Ces différentes banques pourront par exemple être utilisées comme mémoires auxiliaires, au temps d'accès beaucoup plus rapide que celui d'une disquette, ou encore comme deuxième page d'affichage (à envoyer une fois "remplie" dans la mémoire écran, pour créer des animations), etc...

Dans tous les cas, une seule banque est accessible à un instant donné, mais on peut très facilement les commuter en intervenant sur le PIA système 6821.

On utilisera par exemple pour cela le sous-programme en langage machine suivant, que l'on appellera avec la valeur V convenable placée dans le registre B (voir plus loin) :

```
COMMUT  LDU  # $E7CB
        LDA    , U
        ANDA # $FB
        STA    , U          A → reg. de contrôle
        STB   - 2, U        V → reg. de données
        ORA  # $Ø4
        STA    , U
        RTS
```

La valeur V=15 correspond à la 1re banque, la valeur 23 à la seconde, 231 à la 3e, 103 à la 4e, 167 à la 5e et 39 à la 6e.

# 2

# Le moniteur

Nous décrivons ici les principales routines (sous-programmes) utilisées par l'interpréteur BASIC, ou bien sûr par des programmes utilisateurs écrits en langage machine et devant effectuer des entrée-sortie ; les routines correspondantes seront alors appelées par une instruction JSR.

Bien que les moniteurs des deux TO7 ne soient pas identiques, les adresses des routines sont exactement les mêmes, puisque situées entre $E8ØØ et $E833 où on trouve les branchements aux routines proprement dites.

Tous les paramètres utilisés par celles-ci sont eux aussi entièrement compatibles, ce qui explique que les deux TO7 fonctionnent avec le même BASIC.

Celui-ci n'exploite toutefois pas certaines nouvelles caractéristiques du TO7-7Ø (16 couleurs, incrustation d'images vidéo) ; nous indiquons donc ici comment exploiter ces possibilités.

# *I. Gestion de l'écran : routine PUTC$*

L'affichage est de 25 lignes de 4Ø caractères en mode alphanumérique, et de 2ØØ lignes de 32Ø points (groupés par 8) en mode graphique.

On trouvera dans la seconde partie (chapitre III) la description détaillée de la mémoire écran, constituée de 2 blocs distincts situés à la même adresse, et sélectionnés par la valeur du bit Ø du registre de données du PIA système 6846 (adresse $E7C3).

## 1. Rôle de la routine-utilisation

La routine PUTC$, située en $E8Ø3, permet d'effectuer l'affichage de tous les caractères alphanumériques, y compris les accents, les caractères semi-graphiques et les caractères utilisateurs ; tous les mouvements du curseur sont possibles.

Elle permet aussi de gérer tous les attributs d'écran : positionnement de la fenêtre, couleur de la forme, du fond et du tour, taille des caractères, type du défilement (scrolling), masquage, mise en mode incrustation pour le TO7-7Ø.

Cette routine est utilisée par les instructions BASIC suivantes :

— PRINT : écriture de tous les caractères alphanumériques

— LOCATE : positionnement du curseur, qui peut-être rendu invisible

— CONSOLE : définition de la fenêtre, type du défilement (avec ou sans couleur, normal, doux ou en mode page)

— SCREEN : couleurs de la forme, du fond ou du tour, qui peuvent être inversées

— ATTRB : taille des caractères, qui peuvent être masqués

— UNMASK : démasquage des caractères masqués.

Nous ne détaillerons donc pas l'emploi de la routine pour toutes les opérations ci-dessus, effectuées plus commodément à partir du BASIC.

## 2. Cas du TO7-7Ø

Le BASIC ne permet pas pour le TO7-7Ø l'accès aux couleurs pastels et la mise en mode incrustation.

Pour colorer la forme, le fond ou le tour en une couleur pastel, il faudra donc exécuter la séquence suivante, écrite en langage machine (voir chapitre IV) :

```
COLOR   LDB ≠ $1B
        JSR  $E8Ø3        Séquence "d'échappement"
        LDB ≠ Valeur
        JSR  $E8Ø3        2e appel
```

"Valeur" comprise entre :

- &H7Ø et &H77 : modification de la couleur de la forme
- &H78 et &H7F : modification de la couleur du fond
- &H8Ø et &H87 : modification de la couleur du tour de l'écran.

La valeur exacte à transmettre à PUTC$ sera obtenue en ajoutant à &H7Ø ou &H78 ou &H8Ø un des nombres suivants :

Ø → gris
1 → rose
2 → vert clair
3 → sable
4 → bleu clair
5 → parme
6 → bleu ciel
7 → orange

REMARQUE : les valeurs de &H4Ø à 47, &H5Ø à 57 et &H6Ø à 67 provoqueront la modification des mêmes éléments dans une couleur normale, et ce pour les deux TO7.

Enfin, le TO7-7Ø sera mis en mode incrustation (si l'extension est présente) par la séquence :

```
INCRUS    LDB # $1B
          JSR  $E8Ø3        Séquence "d'échappement"
          LDB  # $6D
          JSR  $E8Ø3        2e appel
```

On pourra alors superposer une image vidéo issue d'une source extérieure (télévision, magnétoscope, caméra) avec une partie d'écran, la couleur noire devenant "transparente".

Enfin, la valeur &H6C (au lieu de &H6D) permettra de supprimer l'incrustation.

# II. Le clavier

Le clavier est organisé de manière matricielle ; le décodage des touches est effectué grâce au PIA système 6821.

Le port B (programmé en sortie) situé à l'adresse $E7C9 fait passer l'une après l'autre chaque ligne à Ø ; si une touche de la ligne est enfoncée, la valeur lue sur le port A (programmé en entrée) situé en $E7C8 est différente de &HFF, ce qui permet le décodage de la touche.

Nous verrons dans la quatrième partie de ce livre une routine permettant de décoder simultanément plusieurs touches appuyées en même temps, ce qui n'est pas possible avec les routines du moniteur.

## 1. Routine de lecture rapide : KTST$

Cette routine, située en $E8Ø9, teste si une touche est enfoncée, sans décodage de celle-ci ; le bit C du registre CC du 68Ø9 est alors positionné à 1.

Lors de l'exécution d'un programme BASIC, cette routine est appelée à chaque nouvelle instruction exécutée (voir 2e partie) ; si elle retourne C=1, la touche est décodée par GETC$ et le programme arrêté s'il s'agit de STOP ou CNT/C.

## 2. Décodage du clavier : routine GETC$

Cette routine, située en $E8Ø6, retourne dans l'accumulateur B du 68Ø9 le code ASCII de la touche enfoncée, génère un "bip" sonore et gère la répétition des touches.

Elle est utilisée par les instructions BASIC de lecture du clavier, c'est-à-dire INKEY$ et INPUT.

REMARQUE : la fonction INKEY$ du BASIC TO7 retourne le dernier caractère frappé au clavier lors de l'exécution des instructions précédentes, même s'il ne l'est plus au moment de la lecture ; on devra donc dans certains cas appeler un INKEY$ "vide" pour effacer le registre $65B1 mémorisant ce caractère (voir 2e partie).

# *III. Affichages graphiques*

Les deux routines PLOT$ (située en $E8ØF) et DRAW$ (située en $E8ØC) permettent respectivement d'afficher un point ou un caractère et de tracer une droite.

Elles sont utilisées par toutes les instructions graphiques du BASIC, c'est-à-dire PSET, LINE, BOX et BOXF.

## 1. Routine PLOT$

Si le registre CHDRAW situé en $6Ø41 est mis à Ø, la routine affiche le point de coordonnées contenues dans les registres X (colonne, de Ø à 319) et Y (ligne, de Ø à 199) du 68Ø9.

La couleur du point doit être placée dans le registre FORME situé en $6Ø38 ; sa valeur doit être comprise entre – 8 et + 7 pour le TO7 et – 8 à + 15 pour le TO7-7Ø.

Une valeur positive correspondra à un point de "forme" (bit correspondant mis à 1 dans la mémoire de forme : voir 2e partie) et une valeur négative à un point de "fond" (bit mis à Ø).

Les codes des couleurs "forme" sont les suivants:

| | | |
|---|---|---|
| noir | : | Ø |
| rouge | : | 1 |
| vert | : | 2 |
| jaune | : | 3 |
| bleu | : | 4 |
| magenta | : | 5 |
| cyan | : | 6 |
| blanc | : | 7 |

Pour le TO7-7Ø, il existe huit codes supplémentaires:

| | | |
|---|---|---|
| gris | : | 8 |
| rose | : | 9 |
| vert clair | : | 10 |
| sable | : | 11 |
| bleu clair | : | 12 |
| parme | : | 13 |
| bleu ciel | : | 14 |
| orange | : | 15 |

Dans les deux cas, un code de couleur "fond" sera obtenu en prenant l'inverse du code "forme" diminué de 1 : – 1 correspond au noir, – 2 au rouge, etc...

Si le registre CHDRAW contient un nombre C positif, le caractère de code ASCII C sera affiché en (X,Y), avec X compris entre 1 et 4Ø et Y entre Ø et 24; les couleurs de fond et de forme seront alors celles du registre COLOUR situé en $6Ø3B.

On peut aussi écrire directement un caractère par un appel de la routine CHPL$ située en $E833.

## 2. Routine DRAW$

Les conventions sont les mêmes que celles de la routine PLOT$; la routine trace un segment de droite entre le dernier point allumé (registres PLOTX et PLOTY situés en $6Ø3D et 6Ø3F) et le point de coordonnées (X,Y).

Si CHDRAW est différent de Ø, le segment tracé le sera sous forme de caractères.

REMARQUE : Pour le TO7-7Ø, le bit 4 du registre STATUS situé en $6Ø19 doit être mis à Ø ; dans le cas contraire, la mémoire "couleur" ne sera pas modifiée.

## IV. Autres routines-registres du moniteur

On trouvera en annexe la liste complète des routines du moniteur, permettant d'effectuer toutes les opérations fondamentales : lecture du cryaon optique, génération de musique, entrée-sortie sur cassette, etc...

Toutes ces opérations seront réalisées beaucoup plus commodément à partir du BASIC ; le détail des procédures à suivre pour un fonctionnement correct de ces routines ne sera donc pas décrit ici.

On trouvera aussi en annexe les adresses et le rôle des principaux registres du moniteur, tous situés à partir de l'adresse $6ØØØ (page Ø du moniteur).

Tous ces registres sont bien sûr accessibles par le BASIC (instruction POKE), ce qui permet diverses interventions.

Sur le TO7-7Ø, on pourra par exemple redéfinir entièrement les touches du clavier ; on placera pour celà dans le registre PTCLAV situé en $6ØCD l'adresse d'une table (créée en BASIC sous la forme d'une chaîne de caractères) contenant les nouveaux codes ASCII des touches.

On pourra de la même manière redéfinir les caractères affichés sur l'écran ; l'adresse du nouveau générateur de caractères sera placée pour celà dans le registre PTGENE situé en $6ØCF.

# 3

# Le 68Ø9

Les deux ordinateurs TO7 de THOMSON sont conçus autour du très puissant micro-processeur 68Ø9 de MOTOROLA.

Il s'agit en effet d'un micro-processeur 8 bits (bus de données à 8 lignes) capable de traiter des valeurs sur 16 bits (micro-processeur "pseudo 16 bits").

Il bénéficie de tous les progrès récents en matière de micro-processeurs : richesse des modes d'adressage, banalisation des registres internes, structure quasi orthogonale (la plupart des instructions fonctionnent avec tous les modes d'adressage), multiplication, etc...

## *I. Système binaire-codage hexadécimal*

On sait que les ordinateurs ne peuvent utiliser que les valeurs Ø ou 1, appelées "bits".

Un ensemble de 8 bits constitue un "octet", qui est l'information de base manipulable par un micro-processeur 8 bits.

Un octet permet de coder $2^8 = 256$ valeurs différentes, qui pourront représenter une valeur numérique sur 8 bits, un caractère alphanumérique codé en ASCII (voir annexes), un code d'instruction, une partie d'adresse (toujours codées sur 16 bits), etc...

***Exemples*** :

1Ø11Ø11Ø $= 1 \times 2^7 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 = 182$

La méthode la plus efficace pour noter le contenu d'un octet consiste à l'écrire en hexadécimal (base 16 et non 1Ø comme habituellement) ; la valeur sera alors représentée par deux chiffres hexadécimaux, codant chacun 4 bits.

Le codage est le suivant :

| *Chiffre hexadécimal* | *Valeur binaire* | *Valeur décimale* |
|---|---|---|
| Ø | ØØØØ | Ø |
| 1 | ØØØ1 | 1 |
| 2 | ØØ1Ø | 2 |
| 3 | ØØ11 | 3 |
| 4 | Ø1ØØ | 4 |
| 5 | Ø1Ø1 | 5 |
| 6 | Ø11Ø | 6 |
| 7 | Ø111 | 7 |
| 8 | 1ØØØ | 8 |
| 9 | 1ØØ1 | 9 |
| A | 1Ø1Ø | 1Ø |
| B | 1Ø11 | 11 |
| C | 11ØØ | 12 |
| D | 11Ø1 | 13 |
| E | 111Ø | 14 |
| F | 1111 | 15 |

***Exemple*** :

1Ø11Ø11Ø = &HB6
&HE5 = 111ØØ1Ø1

**Arithmétique binaire**:

Pour pouvoir représenter une valeur négative, on convient toujours que le bit de gauche, dit de "poids fort" car correspondant à $2^7$, représente le signe de la valeur.

Une valeur négative est alors représentée en "complément à 2": la valeur absolue est complémentée bit à bit et on ajoute 1 (on peut aussi en hexadécimal retrancher la valeur absolue de &H1ØØ, ce qui revient au même).

***Exemple***:

58=&H3A⇒−58=&HC6

(voir annexe)

Dans le cas d'une valeur codée sur 2 octets, c'est le bit de poids fort du 1er octet qui représente le signe.

***Exemples:***

14621=&H391D⇒−14621=&C6E3

Une soustraction sur 8 bits est toujours effectuée en prenant le complément à 2 du 2e opérande, que l'on ajoute au 1er.

Une valeur positive et une valeur négative s'ajoutent "normalement".

***Exemple***: &H5C+&HC6=&H22, soit 92−58=34

en effet:

```
  Ø1Ø111ØØ  ←→  &H5C
+ 11ØØØ11Ø  ←→  &HC6
  --------
  ØØ1ØØØ1Ø  ←→  &H22
```

&H1B+&HC6=&HE1, soit 27−58=−31

***Exemple***: &H1B+&HC6=&HE1, soit 27−58=−31

REMARQUE: le micro-processeur positionne certains indicateurs (retenue C et débordement V en particulier) à chaque opération effectuée.

On emploiera donc des branchements "signés" pour s'assurer de la validité des résultats obtenus en complément à 2.

On effectuera par contre des branchements "non signés" si on ne s'intéresse qu'aux valeurs absolues des résultats.

# II. Les registres internes

Toutes les opérations élémentaires que le micro-processeur est capable d'effectuer, le sont grâce aux neuf registres internes suivants :

| 15 | 7 | Ø | |
|---|---|---|---|
| Accu A | Accu B | | Accumulateur D |
| X | | | Registre d'index X |
| Y | | | Registre d'index Y |
| U | | | Pointeur de pile U |
| S | | | Pointeur de pile S |
| | | | Registre de page directe DP |
| | E F H I N Z V C | | Registre de codes condition |
| | | | Registre compteur de programme PC |

## 1. Les accumulateurs

Les accumulateurs permettent d'effectuer toutes les manipulations de données et tous les calculs arithmétiques ou logiques ; il s'agit donc des registres les plus souvent utilisés.

Les deux accumulateurs 8 bits A et 8 peuvent être juxtaposés en un seul accumulateur D de 16 bits ; les deux accumulateurs A et B normalement indépendants forment alors un tout, A représentant les poids forts (bits 8 à 15) et B les poids faibles (bits Ø à 7).

La plupart des opérations classiques sont réalisables avec l'accumulateur D, d'où bien sûr un gain de place et de rapidité par rapport à un micro-processeur 8 bits classique.

## 2. Les registres d'index X et Y

Ce sont des registres 16 bits permettant essentiellement de pointer des données en adressage indexé.

On peut aussi les utiliser pour effectuer des opérations arithmétiques.

## 3. Les pointeurs de pile U et S

Lorsqu'un programme appelle un sous-programme, le micro-processeur doit conserver quelque part en RAM l'adresse où il faudra revenir après l'exécution du sous-programme ; il en est de même en cas d'interruption, où certains registres doivent aussi être conservés.

Ceci est toujours réalisé au moyen d'une *pile système* : seule la dernière valeur empilée, pointée par le registre S, est accessible (fonctionnement du type "last in, first out").

Le fonctionnement de la *pile utilisateur* U est exactement le même.

En cas d'empilement d'une nouvelle valeur ou adresse, le pointeur est *d'abord décrémenté*, puis il y a empilement.

Le dépilement s'effectue en sens inverse : la valeur située au sommet de la pile est dépilée dans le registre spécifié (PC dans le cas de RTS), puis le pointeur est incrémenté.

S et U pointent donc toujours sur *la valeur située au sommet* de la pile.

REMARQUE 1 : dans le cas où on empile un registre 16 bits, c'est d'abord l'octet de poids faible qui est empilé, puis celui de poids fort ; les deux octets sont donc placés en mémoire dans l'ordre logique, c'est-à-dire poids fort en $\alpha$ et faible en $\alpha + 1$, $\alpha$ étant contenu dans S (ou U).

REMARQUE 2 : les registres U et S ont exactement les mêmes possibilités d'adressage indexé que X et Y.

## 4. Le registre de page directe DP

Ce registre 8 bits permet de placer la "page Ø" n'importe où dans la mémoire ; on peut ainsi faire de l'adressage "direct", toujours plus rapide et plus concis que l'adressage "absolu" normal.

## 5. Le registre de codes condition CC

Il s'agit d'un registre d'état de 8 bits, modifié à chaque instruction exécutée par le micro-processeur.

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E | F | H | I | N | Z | V | C |

Les bits Ø, 1, 2, 3 (et 5) correspondent aux indicateurs arithmétiques, les plus souvent employés.

*a) bit C ("carry": retenue)*

Ce bit est positionné par toutes les opérations arithmétiques ; il prend la valeur de la retenue dans le cas d'une addition (ADC, ADD), et celle du complément de la retenue dans le cas d'une soustraction (CMP, SBC, SUB).

***Exemples*** :&H5C+&HC6 → C = 1
&H5C–&H3A → C = Ø (car 5C – 3A = 5C + C6 → retenue = 1)

*b) bit V ("Overflow": débordement en complément à 2)*

Ce bit est mis à 1 lorsqu'une opération donne lieu à un débordement, c'est-à-dire lorsque la retenue des bits 6 (plus fort poids des valeurs signées) n'est pas la même que celle des bits 7 (bits de signe).

***Exemples*** :

&H5C+&HC6=&H22 → V = Ø car les deux retenues sont égales à 1 : pas de problème

&H8C+&HC6 → V = 1

débordement ; le résultat (&H52) est faux (en effet, – 116 – 58 = – 174, qui n'est pas représentable en complément à 2 sur 8 bits).

*c) bit Z (zéro)*

Il est mis à 1 si le résultat d'une opération (ou d'un chargement, ou d'un stockage, etc...) est nul :

***Exemple*** :

CLRA ("clear A" : Ø→A) → Z = 1

*d) bit N ("Négative": résultat négatif)*

Il représente le bit de poids fort du résultat de la dernière opération.

Il est donc mis à 1 dans le cas d'un résultat négatif, c'est-à-dire supérieur ou égal à &H8Ø en valeur absolue.

*e) bit H ("Half carry": demi retenue)*

Il permet au 68Ø9 d'effectuer des opérations directement en décimal ; il est en effet positionné à 1 dès que le nombre présent sur les 4 bits de poids faible est supérieur à 9.

*f) bits I et F ("Interrupt mask" et "Fast interrupt mask": masques d'interruption)*

Lorsqu'ils sont mis à 1 (instruction ORCC), les interruptions normales IRQ et les interruptions rapides FIRQ (sauvegarde dans la pile des seuls PC et CC) sont masquées, c'est-à-dire ignorées.

*g) bit E ("Entire state": pile complète)*

En cas d'interruption, et lorsqu'il est à 1, tous les registres du 68Ø9 ont été sauvegardés dans la pile (interruption IRQ).

### 6. Le registre compteur de programme PC

Il s'agit du compteur ordinal, qui pointe en permanence sur *la prochaine instruction à exécuter.*

Ce registre est utilisable comme index, ce qui permet par exemple d'écrire des programmes entièrement translatables.

## *III.* Les modes d'adressage

Le 68Ø9 possède six principaux modes d'adressage, ce qui lui confère une très grande puissance logicielle.

Dans tous les cas, les octets spécifiant l'adresse suivent le code opération, lui même codé sur 1 ou 2 octets.

## 1. Adressage inhérent ou implicite

Il n'y a alors pas de partie adresse puisque le code d'instruction se suffit à lui-même.

***Exemple*** :

INCA : A + 1 → A
CLRB : Ø → B

Dans le cas des instructions d'échange et de transfert de registres (EXG et TFR), ou d'accès aux piles (PSH, PUL), l'octet spécifiant le code opération doit être toutefois suivi d'un "post-octet" indiquant les registres concernés (voir plus loin).

## 2. Adressage immédiat

La valeur à utiliser immédiatement suit le code opération ; selon ce dernier, elle occupera 8 bits (LDA, CMPB, etc...) ou 16 bits (LDX, CMPY, ADDD, etc...).

La notation normalisée d'une valeur immédiate est le dièse (#), en principe suivi d'un dollar ($) signalant une valeur hexadécimale (notation "assembleur").

***Exemple*** : Notation assembleur : LDX #$83ØE
Valeurs en mémoire : 8E/83/ØE

## 3. Adressage direct

Les 8 bits de poids fort de l'adresse de la valeur à traiter sont contenus dans le registre de page directe DP ; l'adresse est donc codée sur 1 seul octet représentant les 8 bits de poids faible.

Ce mode d'adressage est toujours plus rapide que l'adressage étendu.

***Exemple*** : Notation assembleur : STD $1C
Valeurs en mémoire : DD/1C

Si DP contient &H61, l'accumulateur D sera envoyé en $611C (A) et $611D (B).

REMARQUE : Le registre DP ne peut être chargé que par une instruction EXG ou TFR (ou PUL).

## 4. Adressage étendu

C'est l'adressage le plus classique ; l'adresse est codée sur 2 octets spécifiant l'emplacement de la mémoire où se situe la valeur à traiter.

***Exemple*** : Notation assembleur : DEC $60FE
Valeurs en mémoire : 7A/60/FE

La valeur située en $60FE est diminuée de 1.

## 5. Adressage relatif

Il est utilisé uniquement dans les opérations de branchements relatifs (BRA, LBEQ, BSR, etc...), réalisées le plus souvent après un test (BIT, CMP, TST).

L'adresse est ici égale à un déplacement positif ou négatif à ajouter au contenu du compteur de programme PC pour obtenir l'adresse effective du branchement.

Un déplacement codé sur 1 octet permettra d'avancer de 127($7F) octets ou de reculer de 128($80) octets au maximum ; il s'agit alors d'un branchement relatif court (BEQ, BRA, etc...).

Au-delà, on utilisera un branchement relatif long (mnémonique précédé de "L" : LBRA, LBSR, etc...) ; le déplacement est alors codé sur 2 octets.

REMARQUE : lors de l'exécution de l'instruction de branchement, le PC pointe sur le début de l'instruction suivante ; c'est donc à cette adresse qu'il faut ajouter le déplacement.

Celui-ci sera bien sûr codé en mode complément à 2 pour une valeur négative : voir annexes.

***Exemple*** : Soit les instructions suivantes, implantées à partir de $8000.

```
8000    39          RTS
8001    96   58     LDA        $58
8003    27   05     BEQ        +5
8005    2B   F9     BMI        -7
8007    BD   35EB   JSR        $35EB
800A             ...SUITE...
```

Si $58 (adressage direct) contient 0, il y aura branchement en $8005 + 5 = $800A = SUITE.

Si $58 est négatif (bit 7 = 1), il y aura branchement en $8ØØ7 – 7 = $8ØØØ, c'est-à-dire au RTS.

Si $58 contient une valeur comprise entre 1 et &H7F, il y aura exécution du sous-programme $35EB (adressage étendu), puis passage à SUITE.

## 6. Adressages indexés

Il s'agit du mode d'adressage le plus puissant du 68Ø9.

Le principe est que dans la partie adresse de l'instruction est toujours spécifié un index (appelé "base") et un déplacement.

*L'adresse effective* est alors égale au *contenu de l'index augmenté du déplacement* (éventuellement négatif).

***Exemples***: LDA 4,X: si X contient $81E9, c'est la *valeur contenue en $81ED*, soit $3F par exemple, qui sera chargée dans l'accumulateur A.

LEAU – 5,X: c'est *l'adresse $81E4* qui sera chargée dans U.

Dans le cas du 68Ø9, le déplacement peut être constant (nul, ou codé sur 5, 8 ou 16 bits) ou variable (contenu d'un accumulateur A, B ou D); les index peuvent être indifféremment X, Y, U, S et PC, l'emploi de ce dernier autorisant par exemple de faire de l'adressage relatif indirect par rapport au PC (permettant d'écrire des programmes entièrement translatables)...

Il est possible aussi de faire des auto-incrémentations ou décrémentations de l'index de 1 ou 2 (le déplacement doit alors être nul) et de l'adressage indirect : l'adresse effective est alors l'adresse contenue à l'adresse obtenue par index + déplacement (écrit entre crochets).

Dans tous les cas, l'option choisie est déterminée par le "post-octet" suivant le code operation, lui-même suivi éventuellement de 1 ou 2 autres octets spécifiant le déplacement.

On trouvera en annexe le tableau complet de tous les cas possibles, permettant de déterminer le post octet.

***Exemples*** :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| LDA | ,S ⟷ | A6/E4 | | : Valeur située au sommet de la pile → A |
| LDA | –2,X ⟷ | A6/1E | | : Déplacement –2 codé sur 5 bits |
| LDA | 2Ø,U ⟷ | A6/C8 | 14 | : Déplacement +2Ø codé sur 8 bits |
| LDA | B,Y ⟷ | A6/A5 | | : Déplacement contenu dans B |

| | | |
|---|---|---|
| LDA ,X+ ↔ | A6 80 | : Deplacement nul; post-incrementation de 1 |
| LDA ,−−Y ↔ | A6 A3 | : Pre-décrementation de 2; deplacement nul |
| LDA [$8010] ↔ | A6 9F 8010 | : Contenu de → A,$8010 et $8011 contenant |
| LDA [2,S] ↔ | A6 F8 02 | : Valeur située à l'avant dernière adresse placée dans la pile S A |

# IV. Le jeu d'instructions

Il se compose de 59 instructions fondamentales (se ramenant en fait à 56), permettant en fonction des registres utilisés et du mode d'adressage plus de 1400 combinaisons différentes !

On trouvera en annexe les tableaux décrivant toutes les instructions du 6809 : mnémonique, code hexadécimal, nombre de cycles nécessaire pour l'exécution (1 cycle = 1 µs. pour le 6809 des TO7), nombre total d'octets de l'instruction, action de l'instruction, bits du registre CC affectés.

Nous ne donnerons donc ici que les significations des mnémoniques (anglais bien sûr) et quelques compléments sur certaines instructions.

## 1. Les instructions

| *Instruction* | *Description* |
|---|---|
| ABX | Addition de B (8 bits non signés) à X → X |
| ADC | Addition avec retenue C |
| ADD | Addition B ou 16 bits |
| AND | ET logique (bit à bit) |
| ASL | Décalage arithmétique à gauche d'un bit |
| ASR | Décalage arithmétique à droite (bit 7 conservé) |
| BIT | Test de bit : effectue un ET, sans modifier l'accu. |
| CLR | Mise à 0 (clear) |
| CMP | Comparaison : effectue une soustraction, sans modifier le registre |
| COM | Complément bit à bit : 1 → FE, etc... |
| CWAI | Attente d'interruption ; effectue un ET avec le CC |
| DAA | Ajustement décimal de A (en 2 chiffres DCB) |
| DEC | Décrémentation de 1 ; 1 → V si valeur initiale = &H80 |

| *Instruction* | *Description* |
|---|---|
| EOR | OU exclusif (bit à bit : 1, 1 → Ø) |
| EXG | Échange de registres (de même taille) |
| INC | Incrémentation de 1 ; 1 → V si valeur initiale = &H7F |
| JMP | Saut inconditionnel (jump) |
| JSR | Saut à un sous-programme ; PC → pile S |
| LDx | Chargement du registre x (load) |
| LEA | Chargement d'une adresse effective(et non du contenu comme par LD) en adressage indexé |
| LSL | Décalage logique à gauche de 1 bit (logical shift left) |
| LSR | Décalage logique à droite (right) de 1 bit |
| MUL | Multiplication non signée de A par B → D |
| NEG | Complément à 2 : 1 → FF = – 1, etc... |
| NOP | Pas d'opération |
| OR | OU logique (bit à bit) |
| PSH | Empilement de registres (push) ; S décroit |
| PUL | Dépilement de registres (pull) ; S augmente |
| ROL | Rotation à gauche (avec C) de 1 bit |
| ROR | Rotation à droite (avec C) de 1 bit |
| RTI | Retour d'interruption ; restauration des registres |
| RTS | Retour de sous-programme (restauration du PC) |
| SBC | Soustraction avec retenue C |
| SEX | Extension du signe de B à l'accumulateur D |
| STx | Stockage du registre x en mémoire |
| SUB | Soustraction |
| SWI | Interruption logicielle (sauvegarde des registres) |
| SYNC | Synchronisation avec un événement extérieur |
| TFR | Transfert de registres (de même taille) |
| TST | Test par rapport à Ø sur des valeurs non signées |

REMARQUE : Les instructions ASL et LSL sont en fait identiques.

## 2. Les branchements relatifs

| *Branchement* | *Description* |
|---|---|
| BCC,LBCC | Branchement si C = Ø (carry clear) |
| BCS,LBCS | Branchement si C = 1 (carry set) |
| BEQ,LBEQ | Branchement si égal, c'est-à-dire Z = 1 (equal) |
| BGE,LBGE | Branchement si supérieur ou égal (*signé* : branche si N = V, c'est-à-dire si résultat valide et positif ou nul) |

| *Branchement* | *Description* |
|---|---|
| BGT,LBGT | Branchement si supérieur (*signé*: branche si N = V et Z = Ø) |
| BHI,LBHI | Branchement si supérieur, c'est-à-dire C = Ø et Z = Ø (higher) |
| BHS,LBHS | Branchement si supérieur ou égal, c'est-à-dire C = Ø (higher or same) |
| BLE,LBLE | Branchement si inférieur ou égal (*signé*: branche si Z = 1 ou N ≠ V, c'est-à-dire si résultat valide et négatif ou nul) |
| BLO,LBLO | Branchement si inférieur, c'est-à-dire C = 1 (lower) |
| BLS,LBLS | Branchement si inférieur ou égal, c'est-à-dire C ou Z = 1 (lower or same) |
| BLT,LBLT | Branchement si inférieur (*signé*: branche si N ≠ V) |
| BMI,LBMI | Branchement si négatif, c'est-à-dire N = 1 (minus) |
| BNE,LBNE | Branchement si différent, c'est-à-dire Z = Ø (not equal) |
| BPL,LBPL | Branchement si positif, c'est-à-dire N = O, ou encore valeur ⩽ &H7F |
| BRA,LBRA | Branchement inconditionnel (branch always) |
| BRN,LBRN | Ne branche jamais (branch never); créé par opposition à BRA |
| BSR,LBSR | Branchement à un sous programme (subroutine) |
| BVC,LBVC | Branchement si pas de débordement en mode complément à 2, c'est-à-dire V = Ø |
| BVS,LBVS | Branchement si débordement, c'est-à-dire V = 1 (V set) |

REMARQUE: les branchements BCC et BHS (et LBCC et LBHS) sont en fait identiques, ainsi que BCS et BLO (et LBCS et LBLO).

## 3. Compléments

### *a) Instructions EXG et TFR*

Elles permettent respectivement l'échange et le transfert de registre à registre.

Le code opération (1E et 1F) est suivi d'un post-octet spécifiant les registres concernés; le 1<sup>er</sup> chiffre hexadécimal (bits de fort poids) représente le 1<sup>er</sup> registre R1, le 2<sup>e</sup> (faible poids) le registre R2 de destination (pour TFR).

Le codage est le suivant :

| *Code* (hexa) | *Registre* |
|---|---|
| Ø | D |
| 1 | X |
| 2 | Y |
| 3 | U |
| 4 | S |
| 5 | PC |
| 8 | A |
| 9 | B |
| A | CC |
| B | DP |

***Exemples :***

TFR S,X ⟷ 1F/41 : S envoyé dans X
EXG U,D ⟷ 1E/3Ø : U et D permutés

*b) Instructions PSH et PUL*

Elles permettent d'empiler ou de dépiler des registres.

Le code opération (&H34 à 37) est suivi d'un post octet spécifiant les registres concernés ; chaque bit correspond à un registre, qui sera empilé ou dépilé s'il a la valeur 1.

Post octet :

| 7 | | | | | | | Ø |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PC | U/S | Y | X | DP | B | A | CC |

***Exemple :***

PSHS Y,X,A ⟷ 34/32

Les registres sont toujours empilés dans l'ordre PC,U/S,...,CC ; le dépilement s'effectue en sens inverse.

S ou U ne peuvent être empilés dans leur propre pile ; c'est donc U qui est empilé par PSHS, et S par PSHU.

*c) Instruction SWI*

Elle permet de réaliser des interruptions logicielles ; elle est donc utilisée le plus souvent pour effectuer des arrêts sur adresse pour la mise au point de programmes.

L'instruction SWI provoque l'arrêt du programme en cours ; tous les registres (sauf S) sont sauvegardés dans la pile système S et il y a branchement à l'adresse contenue en $FFFA et FFFB.

Les instructions SWI2 et SWI3 fonctionnent de manière identique (ce sont les interruptions les moins prioritaires) ; les vecteurs d'interruption sont situés respectivement en $FFF4 et $FFF2.

Dans le cas des deux TO7, et pour l'instruction SWI, l'adresse contenue en $FFFA est celle d'une instruction JMP [$6Ø2F] ; il suffit donc de placer dans le registre SWI1 du moniteur, situé en $6Ø2F, l'adresse du sous-programme de traitement de l'interruption (qui écrira par exemple le contenu de la pile pour visualiser les registres) ; ce sous-programme se terminera par RTI.

# 4

# Le langage machine

Le moyen le plus commode pour programmer en langage machine consiste bien sûr à utiliser un assembleur, permettant entre autres l'emploi des mnémoniques pour les instructions, l'écriture d'adresses symboliques, etc...

Ceci est exclu dans notre cas, puisque nous désirons utiliser le BASIC et que celui-ci ne peut coexister avec l'assembleur dans le cas des TO7.

Nous allons voir qu'il est cependant relativement simple de créer à partir du BASIC des programmes écrits en langage machine.

Le problème inverse se pose pour étudier un programme tel que l'interpréteur ou le moniteur ; nous présentons donc un programme BASIC permettant de "désassembler" du langage machine.

# I. Implantation d'un programme

## 1. Méthode générale

Nous donnerons dans la troisième partie de cet ouvrage un programme permettant d'implanter n'importe où en mémoire en nombre quelconque de routines, et celà de la manière la plus souple et la plus "lisible" possible (un nom pour chaque routine, adresses écrites en un seul mot, etc...).

Pour de petites applications, il est parfaitement suffisant d'employer les quatres instructions suivantes :

```
10 CLEAR,&H7F00      'Memoire protegee a partir de $7F01
20 FOR I=&H7F01 TO &H7FFF
30 READ A$:IF A$<>"FIN" THEN POKE I,VAL("&H"+A$):NEXT
1000 DATA        'Liste des codes,terminee par FIN
```

On écrira alors en 1ØØØ les codes hexadécimaux correspondant au programme, octet par octet, en les séparant par des virgules.

On enregistrera toujours sur cassette ou disquette le programme ci-dessus *avant* de faire exécuter le programme en langage machine ; en effet, en cas d'erreur dans celui-ci, le résultat est dans la plupart des cas un blocage complet de la machine, obligeant à couper le courant, d'où bien sûr perte du programme.

REMARQUES : CLEAR,$\alpha$ protège la zone de mémoire située à partir de $\alpha + 1$, qui contiendra le programme en langage machine.

En effet, la fin de la RAM est utilisée par le BASIC (entre autres pour les chaînes de caractères et la pile), qui pourrait donc sans celà "écraser" le programme.

On notera aussi l'usage d'une variable chaîne (A$) pour charger les codes hexadécimaux, ce qui permet de ne pas écrire dans le DATA le fastidieux &H à chaque valeur.

## 2. Exemple

Soit le programme élémentaire suivant, dessinant un triangle au centre de l'écran :

```
            LDX     # $5ØØØ    Adresse centre écran
            LDD     # $8ØØØ    1 point à gauche
BOUCLE      STD     ,X         Écriture dans mem.écran
            LEAX    4Ø,X       Ligne suivante
            ORCC    # $Ø1      1 → C
            RORA               Construction ligne suivante
            RORB
            BHS     BOUCLE     Ligne pas encore pleine
            RTS                Triangle terminé
```

Pour traduire ce programme en hexadécimal, il suffit de lire les tableaux donnés en annexe.

Par exemple, le code de LDX en adressage immédiat est 83 ; l'octet correspondant à l'adresse indexée notée ,X est 84 ; le branchement relatif à BOUCLE est codé — 11, soit F5 en complément à 2, puisque le PC pointe alors sur RTS (instruction suivante).

D'où le DATA :

```
1000 DATA 8E,50,0,CC,80,0,ED,84,30,88,28,1A,1,46,56,24,
F5,39,FIN
```

Après avoir fait exécuter le programme BASIC de création (par RUN), un simple EXEC &H7FØ1 dessinera un triangle (de côté 16 points) au centre de l'écran.

REMARQUE : Pour corriger un programme en langage machine, il suffit bien sûr de modifier le DATA, et ensuite de *refaire exécuter le programme de création !...*

# II. *Exécution-passage de paramètres avec le BASIC*

## 1. Instruction EXEC

Cette instruction permet le branchement vers un sous-programme écrit en langage machine, qui doit se terminer par RTS.

Il n'est pas prévu ici d'échange de paramètres avec le programme BASIC ; il est toutefois possible de charger dans le sous-programme certaines adresses de la RAM avec des valeurs que l'on récupèrera par la fonction PEEK.

## 2. Instructions USR-DEFUSR

La fonction USR permet d'appeler un maximum de 10 sous-programmes différents écrits en langage machine, dont on aura défini préalablement l'adresse par une instruction DEFUSR n (n, facultatif, doit être compris entre Ø et 9).

L'appel sera réalisé en écrivant :

V = USRn(x)

La valeur x de l'argument est alors chargée automatiquement dans l'accumulateur flottant FAC dont l'adresse ($6155 : voir 2[e] partie) est placée dans le registre X ; le type de l'argument est rangé dans l'accumulateur A du 68Ø9 selon les conventions suivantes :

- 2 pour une valeur entière, que l'on lira en 2,X et 3,X
- 4 pour une valeur réelle, commençant en Ø,X
- 8 pour une valeur double précision, en Ø,X encore
- 3 pour une chaîne de caractères ; c'est alors l'adresse du descripteur de la chaîne qui est placée dans X ; on lira donc en Ø,X la longueur de la chaîne, et en 1,X et 2,X l'adresse du premier caractère de la chaîne (voir 2[e] partie).

Pour retourner une valeur dans la variable V, il faut bien sûr dans le sous-programme repositionner A et X avant le RTS, et placer la valeur soit en Ø,X (types 3,4 et 8), soit en 2,X et 3,X (type 2 : entier).

REMARQUE : On peut aussi transmettre l'adresse α d'une variable V du BASIC par : USRn (VARPTR(V)).

VARPTR étant de type entier, α est alors rangée automatiquement en 2,X et 3,X.

On pourra ainsi traiter dans le sous programme les valeurs de plusieurs arguments ; il suffit en effet pour celà de connaître la représentation mémoire des variables BASIC, que nous verrons dans la 2e partie (elles sont toujours placées les unes après les autres, selon l'ordre de rencontre par l'interpréteur lors de l'exécution).

# *III. Désassemblage*

Alors qu'il est relativement très simple et rapide de traduire "à la main" un programme assembleur en hexadécimal, le travail inverse est beaucoup plus long et fastidieux.

Il est de plus nécessaire de décoder un grand nombre d'instructions avant de pouvoir comprendre le fonctionnement d'un interpréteur ou d'un moniteur !

Nous donnons donc ici un programme BASIC réalisant automatiquement ce désassemblage.

## 1. Le programme

A partir d'une suite de codes hexadécimaux, il fournit sur l'écran ou sur l'imprimante un listing assembleur normalisé.

Le listing est le suivant :

```
57000 'Initialisation des tableaux...
57010 DIM COD$(255),COD2$(255),N(255)
57040 READ C$:FOR N=1 TO 88
57050 READ A$:IF LEN(A$)<3 THEN ADR=VAL("&H"+A$):COD$(A
DR)=C$:READ N(ADR):GOTO57050
57060 C$=A$:NEXT N
57110 FOR N=1 TO 7
57120 READ A$:IFLEN(A$)<3THEN ADR=VAL("&H"+A$):COD2$(AD
R)=C$:GOTO57120
57130 C$=A$:NEXT N
57210 RESTORE 59600:FOR N=1 TO 15
57220 READ C$,A$:ADR=VAL("&H"+A$)
57230 COD$(ADR)=C$:N(ADR)=5
```

```
57240 COD2$(ADR)="L"+C$:NEXT N
57250 COD$(22)="LBRA":N(22)=6
57260 COD$(23)="LBSR":N(23)=6
57270 COD$(32)="BRA":N(32)=5
57280 COD$(141)="BSR":N(141)=5
57290 '
57395 'Desassemblage...
57400 INPUT"   (-)Adresse de depart(Hexa.)";A$:CLOSE 1
57410 IF LEFT$(A$,1)<>"-" THEN OPEN "O",1,"SCRN:":ADRF=
&HFFFF:LMAX=23 ELSE OPEN "O",1,"LPRT:":A$=MID$(A$,2):LM
AX=99:INPUT "        Adresse de fin(Hexa.)";C$:ADRF=VAL("
&H"+LEFT$(C$,4))
57420 CLS:ER=0:ADR=VAL("&H"+LEFT$(A$,4))
57500 FOR L=0 TO LMAX
57505 IF ADR>ADRF GOTO57400
57510 IND=0:COD2=0:PRINT#1,HEX$(ADR);
57520 COD=PEEK(ADR):PRINT#1,TAB(8);HEX$(COD);
57530 IF ER=1 THEN N=1:GOTO58550
57535 '
57540 REM......Traitement d'un code...
57550 IFCOD=16 OR COD=17 THEN GOSUB58700 ELSE C$=COD$(C
OD)
57560 IFC$=""THEN ER=1:N=1:PRINT#1,TAB(13);"???Code ine
xistant":GOTO58550
57600 REM...Traitement de l'adresse...
57610 N=N(COD):PRINT#1,TAB(13);:X=PEEK(ADR+1)
57620 IF N>4 GOTO57800       'branchement
57630 IF N=0 GOTO57900       'Indexation
57640 A$=LEFT$(C$,3):IF A$="PSH" OR A$="PUL" GOTO58340
57650 IF A$="EXG" OR A$="TFR" GOTO58400
57660 IF N<0 THEN IND=-1:N=-N
57700 REM..Ecriture de l'instruction...
57710 GOSUB58800:PRINT#1,TAB(21);C$;TAB(27);
57720 IF IND<0 THEN PRINT#1,"#";
57730 IF N>1 THEN PRINT#1,"$";
57740 GOSUB58800:GOTO58550     '..Suite
57795 '
57800 REM...Branchement relatif....
57810 IF N=6 OR COD2=1 GOTO57850       'Long
57820 N=2:IF X>127 THEN X=X-256
57830 X=ADR+2+X:GOTO57870
57850 N=3:IF X>127 THEN X=X-256
57860 X=256*X+PEEK(ADR+2)+ADR+3
57870 A$="$"+HEX$(X):GOTO58500
57895 '
57900 REM......Adressage indexe......
57910 IF X>127 GOTO58000
57920 GOSUB58920:V=X AND &H10      'Bit 4
```

```
57930 X=X AND 15:IF V>0 THEN X=X-16
57940 A$=STR$(X)+","+A$:N=2:GOTO58500
58000 IF(X AND &H1F)=&H1F THEN A$=CHR$(91)+"$"+HEX$(PEE
K(ADR+2)):N=4:IND=3:GOTO58500
58010 GOSUB58900:IF(X AND &H10)=0 THEN IND=1 ELSE IND=2
58020 X=X AND 15:IF X>6 AND X<>11 GOTO58100
58030 N=2:ON X+1 GOTO58045,58050,58055,58060,58065,5807
0,58075
58040 A$="D,"+A$:GOTO58240
58045 A$=","+A$+"+":GOTO58240
58050 A$=","+A$+"++":GOTO58240
58055 A$=",-"+A$:GOTO58240
58060 A$=",--"+A$:GOTO58240
58065 A$=","+A$:GOTO58240
58070 A$="B,"+A$:GOTO58240
58075 A$="A,"+A$:GOTO58240
58100 IF X<>8 AND X<>12 GOTO58200
58110 X=PEEK(ADR+2):IF X>127 THEN X=X-256
58120 A$=STR$(X)+","+A$:N=3:GOTO58240
58200 IF X<>9 AND X<>13 GOTO58300
58210 N=4:X=PEEK(ADR+2):IF X>127 THEN X=X-256
58220 X=256*X+PEEK(ADR+3)
58230 A$=STR$(X)+","+A$
58240 IF IND=2 THEN A$=CHR$(91)+A$+CHR$(93)
58250 GOTO58500
58300 ER=1:N=2:A$="???Index":GOTO58500
58335 '
58340 REM...PSHx ou PULx...
58345 A$="":V=X MOD 2:IF V=1 THEN A$=A$+",CC"
58350 X=X@2:V=X MOD 2:IF V=1 THEN A$=A$+",A"
58355 X=X@2:V=X MOD 2:IF V=1 THEN A$=A$+",B"
58360 X=X@2:V=X MOD 2:IF V=1 THEN A$=A$+",DP"
58365 X=X@2:V=X MOD 2:IF V=1 THEN A$=A$+",X"
58370 X=X@2:V=X MOD 2:IF V=1 THEN A$=A$+",Y"
58375 X=X@2:V=X MOD 2:IF V=0 GOTO58385
58380 IF RIGHT$(C$,1)="S" THEN A$=A$+",U" ELSE A$=A$+",
S"
58385 X=X@2:IF X=1 THEN A$=A$+",PC"
58390 A$=MID$(A$,2):GOTO58500
58400 REM...TFR ou EXG...
58410 V=X AND 15:X=X@16:A$=""
58415 ON X+1 GOTO58425,58430,58435,58440,58445,58450,58
420,58420,58455,58460,58465,58470
58420 A$="???Erreur":ER=1:GOTO58500
58425 A$=A$+"D":GOTO58480
58430 A$=A$+"X":GOTO58480
```

```
58435 A$=A$+"Y" GOTO58480
58440 A$=A$+"U" GOTO58480
58445 A$=A$+"S" GOTO58480
58450 A$=A$+"PC" GOTO58480
58455 A$=A$+"A" GOTO58480
58460 A$=A$+"B" GOTO58480
58465 A$=A$+"CC" GOTO58480
58470 A$=A$+"DP"
58480 IF IND=0 THEN IND=1 A$=A$+"," X=V GOTO58415
58495 '
58500 REM...Ecriture de l'instruction..
58510 GOSUB58800 PRINT#1,TAB(21);C$;
58515 IF LEFT$(A$,1)=" " THEN A$=MID$(A$,2)
58520 PRINT#1,TAB(27);:IF LEN(A$)>9 THEN PRINT#1 PRINT#
1,TAB(17);:L=L+1
58525 PRINT#1,A$;:IF IND<3 GOTO58550
58530 X=PEEK(ADR+3):IF X<16 THEN PRINT#1,"0";
58540 PRINT#1,HEX$(X);CHR$(93);
58550 REM.....Instruction suivante.....
58560 ADR=ADR+N
58570 PRINT#1 NEXT L:GOTO57400      'Fin...
58695 '
58700 REM....Code op. sur 2 octets.....
58710 X=COD:ADR=ADR+1:COD=PEEK(ADR)
58720 PRINT#1,HEX$(COD);:C$=COD2$(COD)
58730 IF X=16 THEN COD2=1:RETURN
58740 IF C$<>"CMPD" AND C$<>"CMPY" AND C$<>"SWI2" THEN
C$="":RETURN
58750 IF C$="SWI2" THEN C$="SWI3":RETURN
58760 IF C$="CMPD" THEN C$="CMPU" ELSE C$="CMPS"
58770 RETURN
58795 '
58800 REM....Ecriture d'une adresse....
58810 FOR I=1 TO N-1
58820 V=PEEK(ADR+I):IF V<16 THEN PRINT#1,"0";
58830 PRINT#1,HEX$(V);
58840 NEXT:RETURN
58895 '
58900 REM...Determination de l'index...
58910 IF(X AND12)=12 THEN A$="PC":RETURN
58920 V=X AND &H60:IF V=0 THEN A$="X":RETURN
58930 IF V=&H20 THEN A$="Y":RETURN
58940 IF V=&H40 THEN A$="U" ELSE A$="S"
58950 RETURN
```

```
58990 '
58995 REM Instructions 6809....
59000 DATA ABX,3A,1
59005 DATA ADCA,89,-2,99,2,A9,0,B9,3
59010 DATA ADCB,C9,-2,D9,2,E9,0,F9,3
59015 DATA ADDA,8B,-2,9B,2,AB,0,BB,3
59020 DATA ADDB,CB,-2,DB,2,EB,0,FB,3
59025 DATA ADDD,C3,-3,D3,2,E3,0,F3,3
59030 DATA ANDA,84,-2,94,2,A4,0,B4,3
59035 DATA ANDB,C4,-2,D4,2,E4,0,F4,3
59040 DATA ANDCC,1C,-2
59045 DATA ASRA,47,1,ASRB,57,1
59055 DATA ASR,7,2,67,0,77,3
59060 DATA BITA,85,-2,95,2,A5,0,B5,3
59065 DATA BITB,C5,-2,D5,2,E5,0,F5,3
59070 DATA CLRA,4F,1,CLRB,5F,1
59080 DATA CLR,F,2,6F,0,7F,3
59085 DATA CMPA,81,-2,91,2,A1,0,B1,3
59090 DATA CMPB,C1,-2,D1,2,E1,0,F1,3
59095 DATA CMPX,8C,-3,9C,2,AC,0,BC,3
59100 DATA COMA,43,1,COMB,53,1
59110 DATA COM,3,2,63,0,73,3
59115 DATA CWAI,3C,-2
59120 DATA DAA,19,1
59125 DATA DECA,4A,1,DECB,5A,1
59135 DATA DEC,A,2,6A,0,7A,3
59140 DATA EORA,88,-2,98,2,A8,0,B8,3
59145 DATA EORB,C8,-2,D8,2,E8,0,F8,3
59150 DATA EXG,1E,2
59155 DATA INCA,4C,1,INCB,5C,1
59165 DATA INC,C,2,6C,0,7C,3
59170 DATA JMP,E,2,6E,0,7E,3
59175 DATA JSR,9D,2,AD,0,BD,3
59180 DATA LDA,86,-2,96,2,A6,0,B6,3
59185 DATA LDB,C6,-2,D6,2,E6,0,F6,3
59190 DATA LDD,CC,-3,DC,2,EC,0,FC,3
59195 DATA LDU,CE,-3,DE,2,EE,0,FE,3
59200 DATA LDX,8E,-3,9E,2,AE,0,BE,3
59205 DATA LEAS,32,0,LEAU,33,0
59215 DATA LEAX,30,0,LEAY,31,0
59225 DATA LSLA,48,1,LSLB,58,1
59235 DATA LSL,8,2,68,0,78,3
59240 DATA LSRA,44,1,LSRB,54,1
59250 DATA LSR,4,2,64,0,74,3
59255 DATA MUL,3D,1
59260 DATA NEGA,40,1,NEGB,50,1
59270 DATA NEG,0,2,60,0,70,3
59275 DATA NOP,12,1
```

```
59280 DATA ORA,8A,-2,9A,2,AA,0,BA,3
59285 DATA ORB,CA,-2,DA,2,EA,0,FA,3
59290 DATA ORCC,1A,-2
59295 DATA PSHS,34,2,PSHU,36,2
59305 DATA PULS,35,2,PULU,37,2
59315 DATA ROLA,49,1,ROLB,59,1
59325 DATA ROL,9,2,69,0,79,3
59330 DATA RORA,46,1,RORB,56,1
59340 DATA ROR,6,2,66,0,76,3
59345 DATA RTI,3B,1,RTS,39,1
59355 DATA SBCA,82,-2,92,2,A2,0,B2,3
59295 DATA PSHS,34,2,PSHU,36,2
59305 DATA PULS,35,2,PULU,37,2
59315 DATA ROLA,49,1,ROLB,59,1
59325 DATA ROL,9,2,69,0,79,3
59330 DATA RORA,46,1,RORB,56,1
59340 DATA ROR,6,2,66,0,76,3
59345 DATA RTI,3B,1,RTS,39,1
59355 DATA SBCA,82,-2,92,2,A2,0,B2,3
59360 DATA SBCB,C2,-2,D2,2,E2,0,F2,3
59365 DATA SEX,1D,1
59370 DATA STA,97,2,A7,0,B7,3
59375 DATA STB,D7,2,E7,0,F7,3
59380 DATA STD,DD,2,ED,0,FD,3
59385 DATA STU,DF,2,EF,0,FF,3
59390 DATA STX,9F,2,AF,0,BF,3
59395 DATA SUBA,80,-2,90,2,A0,0,B0,3
59400 DATA SUBB,C0,-2,D0,2,E0,0,F0,3
59405 DATA SUBD,83,-3,93,2,A3,0,B3,3
59410 DATA SWI,3F,1,SYNC,13,1
59420 DATA TFR,1F,2
59425 DATA TSTA,4D,1,TSTB,5D,1
59435 DATA TST,D,2,6D,0,7D,3
59500 DATA CMPD,83,93,A3,B3
59505 DATA CMPY,8C,9C,AC,BC
59510 DATA LDS,CE,DE,EE,FE
59515 DATA LDY,8E,9E,AE,BE
59520 DATA STS,DF,EF,FF
59525 DATA STY,9F,AF,BF
59530 DATA SWI2,3F
59600 DATA BHS,24,BLO,25,BEQ,27
59605 DATA BGE,2C,BGT,2E,BHI,22
59610 DATA BLE,2F,BLS,23,BLT,2D
59615 DATA BMI,2B,BNE,26,BPL,2A
59620 DATA BRN,21,BVC,28,BVS,29
```

REMARQUE : La longueur relativement impressionnante du listing, et en particulier celle des DATA, est bien sûr due à la richesse du jeu d'instructions et des modes d'adressage du 68Ø9 !

Dans un premier temps, on pourra d'ailleurs ne pas écrire les 25 instructions situées de 58345 à 5848Ø, en ajoutant seulement :

```
584ØØ A$="xxx"
```

Les registres concernés par TFR, EXG,PSH et PUL ne seront alors pas décodés.

**Commentaires sur le programme** :

Le programme se compose en fait de deux parties distinctes.

Les lignes de 57ØØØ à 5728Ø et celles situées à partir de 59ØØØ(DATA) servent à initialiser les tableaux COD$ et COD2$ contenant les mnémoniques de toutes les instructions, codées respectivement sur 1 et 2 octets ; le tableau N est en même temps initialisé avec le nombre total d'octets de l'instruction : une valeur négative indique un adressage immédiat, la valeur Ø un adressage indexé (adresse codée sur 1,2 ou 3 octets, en fonction du post-octet) et une valeur supérieure ou égale à 5 un adressage relatif.

Ces tableaux sont ensuite utilisés par le programme de désassemblage proprement dit, constitué par les lignes de 574ØØ à 5895Ø.

Pour chaque instruction du programme en langage machine, il y a d'abord lecture du code COD d'instruction, d'où détermination du mnémonique C$ situé dans COD$(COD) ou COD2$(COD).

La partie adresse est ensuite traitée, en fonction de la valeur de N(COD).

**Cas du TO7 sans extension mémoire** :

Les deux parties du programme devront être dissociées si l'on ne dispose que des 8 K de la version de base.

On ne conservera donc pour le 1^er^ programme que les lignes de 57ØØØ à 5728Ø et celles à partir de 59ØØØ, auxquelles on ajoutera les instructions suivantes :

```
57300 OPEN"O",2,"TABLEAUX"
57310 FOR I=0 TO 255
57320 PRINT#2,COD$(I),COD2$(I),N(I):NEXT
57330 END
```

Ce programme enregistrera donc une fois pour toutes sur cassette les tableaux COD$, COD2$ et N (appuyer sur la touche "Enregistrement" du magnétophone avant de faire RUN).

Le programme de désassemblage proprement dit sera alors constitué des seules lignes 57ØØØ et 574ØØ à 5895Ø, auxquelles on ajoutera la lecture des tableaux :

```
57100 OPEN"I",2,"TABLEAUX"
57110 FOR I=0 TO 255
57120 INPUT#2,COD$(I),COD2$(I),N(I):NEXT
```

## 2. Mode d'emploi-résultats

Lorsque le programme demande l'adresse de départ, on tapera directement l'adresse hexadécimale du début du désassemblage ; on obtiendra alors sur l'écran 24 instructions décodées, et une demande de nouvelle adresse.

Si on désire conserver le listing assembleur sur imprimante, on fera simplement précéder l'adresse initiale du signe "–" ; le programme demande alors l'adresse de fin, que l'on tapera en hexadécimal toujours.

La validité des adresses est bien sûr systématiquement contrôlée.

Si on reprend l'exemple du programme dessinant un triangle, implanté ici en $BFØ1, on obtient :

```
BF01    8E    5000    LDX    #$5000
BF04    CC    8000    LDD    #$8000
BF07    ED    84      STD    ,X
BF09    30    8828    LEAX   40,X
BF0C    1A    01      ORCC   #$01
BF0E    46            RORA
BF0F    56            RORB
BF10    24    F5      BHS    $BF07
BF12    39            RTS
```

La première colonne contient les adresses hexadécimales du début de chaque instruction ; puis on a les octets correspondant à cette dernière (1 à 5 octets au maximum), et enfin l'instruction décodée, écrite en notation assembleur normalisée.

Pour les branchements relatifs, c'est l'adresse effective du branchement qui est donnée.

Pour l'instruction PULx, les registres sont dépilés dans l'ordre listé (exemple : $65B  PULS  A,X,U) ; par contre, l'empilement (PSHx) s'effectue en fait dans l'ordre inverse.

Les registres transférés ou échangés sont listés en clair (*Exemple* : $1599  TFR  S,X), ainsi que tous les adressages indexés.

Enfin, rappelons que # désigne un adressage immédiat, $ un nombre hexadécimal et les crochets [ ] un adressage (indexé ou non) indirect.

# Deuxième partie

# L'INTERPRÉTEUR BASIC MICROSOFT

Notre but n'est pas de donner ici une simple liste d'adresses de routines. ou de renseignements, sur l'interpréteur BASIC des micro-ordinateurs THOMSON TO7 et TO7-7Ø.

Nous décrivons tout au contraire une *méthode* permettant de décoder n'importe quel interpréteur Microsoft, ceux-ci étant conçus toujours de la même (excellente !) manière.

Une fois compris et décrit le fonctionnement de l'interpréteur (chapitre I et II), nous étudions (chapitre III) le traitement de quelques instructions fondamentales du BASIC.

Nous signalons enfin que certaines routines détaillées ci-après demandent un effort de compréhension ; le lecteur se verra récompensé par toutes les applications qui découleront de cette étude.

# 1

# Comprendre l'exécution d'un programme BASIC

Les instructions d'un programme sont décodées et exécutées par une routine qui se présente sous la forme d'une boucle, décrite à chaque nouvelle instruction.

Grâce à une table des adresses, l'interpréteur détermine, à partir du code de l'instruction BASIC à exécuter, l'adresse du sous programme correspondant, qui réalise le traitement; l'instruction suivante est alors prise en compte pour poursuivre l'exécution du programme.

Une fois décrit le codage d'un programme, puis trouvée la table des adresses et la boucle d'exécution, nous aurons tous les éléments nécessaires à la compréhension du fonctionnement de l'interpréteur.

# I. Implantation et codage d'un programme

1 — Pour trouver l'adresse à partir de laquelle est implanté un programme, on peut par exemple utiliser le programme suivant :

```
10 REM  Programme 1
20 AB=0          'AB Code &H41,42
30 FOR I=&H6000 TO &H7FFF    'RAM
40 IF PEEK(I)=&H41 THEN IF PEEK(I+1)=&H42 THEN PRINT HE
X$(I)
50 NEXT:END
```

Pour les TO7, on obtient les adresses \$660ØC et \$6619 (et aussi \$668Ø, situé dans la zone des variables : voir chapitre suivant) ; le programme commence donc une vingtaine d'octets auparavant, soit exactement en *\$65F5*.

2 — Le programme suivant permettra alors de visualiser en hexadécimal le codage d'un programme :

```
100 REM  Programme 2
110 ADR0=&H65F5
120 CLS:FOR I=ADR0 TO ADR0+229 STEP 10
130 PRINT HEX$(I)+"    ";:FOR J=I TO I+9
140 PRINT USING"% %";HEX$(PEEK(J));:NEXT
150 PRINT:NEXT I:END
```

On obtient :

```
65F5   66  8   0   64  8C  20  20  50  72  6F  67  72
6601   61  6D  6D  65  20  32  0   66  18  0   6E  41
660D   44  52  30  D4  26  48  36  35  46  35  0   66
6619   37  0   78  9D  3A  81  20  49  D4  41  44  52
6625   30  20  BB  20  41  44  52  30  C7  20  35  39
```

3 — Connaissant le code ASCII (Annexes), on peut en déduire les éléments suivants :

— Chaque ligne possède un en-tête de 4 octets :

- Les deux premiers contiennent l'adresse de l'en-tête de la ligne suivante ;
- Les deux suivants contiennent le numéro de la ligne.

— Chaque mot BASIC (REM, =, CLS, FOR, etc...) est codé sur un ou deux octets (le premier étant alors égal à &HFF), de valeur supérieure ou égale à &H8Ø.

— Chaque ligne se termine par un octet contenant Ø, qui précède l'en-tête de la ligne suivante.

— La fin du programme est marquée par trois zéros consécutifs (ici en $6677); ils sont suivis de la zone où l'on trouve les variables.

# II. La table et les codes des mots révervés du BASIC

## 1. Recherche de la table

Lors de la saisie des instructions d'un programme, l'interpréteur reconnaît et code les différents mots du BASIC, rangés dans une table par ordre de codes croissants.

Celle-ci contient les codes ASCII des caractères composant les mots; la dernière lettre est toutefois codée différemment pour marquer la fin de chaque mot.

La table sera donc trouvée à l'aide du programme 1 précédent, en recherchant dans la ROM BASIC (adresses de $Ø à $3FFF) les caractères EN (codés &H45,4E) du mot END situé au début de la table (code &H8Ø).

On obtient $92,$162 et $1758; mais un examen de ces adresses (programme 2 précédent, en modifiant ADRØ) montre que le END (suivi de FOR, de code &H81) est bien en $92.

Le début de la table est donc en *$92,* et la fin en $269; $26A contient un Ø marquant la fin de la table.

On constate de plus que le bit de plus fort poids du dernier caractère de chaque mot est mis à 1 dans la table.

Le programme suivant permet de lister les 125 mots du BASIC, avec leurs codes (le programme 2, où l'on écrit différentes instructions et fonctions à la ligne 20, permet de constater que le codage change après le 87[e] mot, codé &HD5).

```
200 REM  Programme 3
210 A$="":CODE=&H80
220 FOR I=&H92 TO &H269
230 X=PEEK(I):IF X<&H80 THEN A$=A$+CHR$(X):GOTO260
240 A$=A$+CHR$(X-&H80):IF CODE<=&HD5 THEN PRINT HEX$(CO
DE); ELSE PRINT"FF"+HEX$(CODE-86);
250 PRINT" "+A$,:CODE=CODE+1:A$=""
260 NEXT:END
```

Le résultat est donné en annexe; on constatera que les fonctions sont codées sur 2 octets, le premier étant égal à &HFF.

La table des mots est donc en fait composée de 2 tables:

— celle des instructions commence en $92 et comporte 86 mots (&H56),

— celle des fonctions commence en $1CF (trouvé toujours grâce au programme 1, en recherchant les caractères SG de SGN) et comporte 39 mots (&H27).

## 2. Utilisation par l'interpréteur

L'interpréteur utilise la table des mots en initialisant un des registres avec l'adresse du début de la table; ce registre r est ensuite incrémenté pour balayer la table, jusqu'à ce que soit trouvée la suite des caractères composant le mot à coder.

L'initialisation du registre peut être à priori faite soit par l'instruction *LDr # $ØØ92* ou $Ø1CF pour les fonctions), soit par une instruction *LDr adresse*, "adresse" étant l'adresse d'une mémoire contenant $ØØ92 (ou $Ø1CF).

Le programme suivant recherche la valeur &HØØ92 dans la ROM et dans la RAM (de $6ØØØ à $65F4):

```
300 REM  Programme 4
310 A=0:B=&H92
320 I0=0:I1=&H3FFF:GOSUB350
330 I0=&H6000:I1=&H65F4:GOSUB350
340 BEEP:END
345 '
350 FOR I=I0 TO I1
360 IF PEEK(I)=A THEN IF PEEK(I+1)=B THEN PRINT HEX$(I)
,HEX$(PEEK(I-1)),HEX$(A)+HEX$(B)
370 NEXT:RETURN
```

On trouve $38AA et $62Ø2, précédés tous deux de &H56 (code de RORB, qui ne convient pas) ; pour la valeur &H1CF (obtenue avec 2Ø A=1 : B=&HCF), on trouve $38AF et $62Ø7, précédés tous deux de &H27 (code de BEQ, ce qui ne convient pas davantage).

Pour l'initialisation du début des tables, on doit donc chercher une instruction ayant *$38AA ou $62Ø2* comme partie adresse, puis *$38AF ou $62Ø7* (on verra que la page Ø du BASIC n'est pas située en $62, et on n'a donc pas à chercher une adresse $Ø2 ou $Ø7).

Le programme 4 permet (en modifiant la ligne 31Ø) de constater que l'on a nulle part une telle instruction.

On peut pourtant constater que la zone de $62Ø1 à $62ØA contient les mêmes informations que la zone de $38A9 à $38B2 ; cette dernière zone est donc recopiée dans la RAM à l'initialisation du système (par une routine située en $37E5), dans le but évident d'être utilisée plus tard !...

On doit donc chercher dans l'interpréteur les 2 instructions :

```
LDr # valeur
LEAr d,r (ou ADD # d si r=D)
```

avec d=$62Ø2 — valeur (ou $62Ø7 — valeur)

Le programme 4 légèrement modifié permet de lister toutes les instructions ayant une adresse de $61FØ à $62ØF par exemple ; on en trouve 9, dont seulement 4 sont précédées d'un code d'instruction à adressage immédiat (LDU dans les quatre cas) ; il s'agit de $2969, 2A1F, 2A6Ø et 37E9.

Un examen attentif, par le désassembleur de la première partie, des instructions situées autour de ces adresses montre que les instructions :

```
2A1E   LDU   # $61F7,
2A5F   LDU   # $61FC,
```

correspondent respectivement à l'initialisation des registres Y et B par les valeurs situées en $62Ø2 (adresse du début de la table) et $62Ø1 (nombre de mots), et par celles situées en $62Ø7 et $62Ø6.

Dans les deux cas, il y a en effet utilisation de la routine suivante, située en $2A21 :

```
2A21   CLR     $45     Numéro du mot dans la table
       LEAU    1Ø,U    $62Ø1 ou 62Ø6
       LDB     ,U      Nombre de mots dans la table
```

```
        BEQ    $2A5F
        LDY    1,U     Contenu de $62Ø2 ou 62Ø7 → Y
        LDX    ,S      Adresse début du mot du buffer
2A2E    LDA    ,X+     Une lettre du mot à coder
        BSR    $2A88   Minuscule → majuscule
        SUBA   ,Y+     Une lettre de la table
        BEQ    $2A2E   Lettre suivante
        CMPA   #$8Ø    Si égal, on a trouvé le mot
        BNE    $2A76   Mot suivant
        etc...
```

A titre indicatif, signalons que le codage d'une instruction est réalisé par une routine commençant en $29A3, appelée elle-même en $44C (ou en $424 si on est en mode commande) ; cette routine code les mots du BASIC directement dans le buffer clavier contenant les caractères de l'instruction, situés à partir de $6445 ; le codage est effectué lors de la frappe de la touche "ENTRÉE" terminant l'instruction.

Signalons aussi que la routine contenant l'instruction $2968 est utilisée par LIST ; elle opère en sens inverse de $29A3.

### 3. Application immédiate

Il suffit de modifier (POKE ou LOADM) le contenu des octets $62Ø1 à 62Ø3, et $62Ø6 à 62Ø8, pour pouvoir créer son propre vocabulaire BASIC, par exemple avec des mots français : voir troisième partie.

## *III. La table des adresses d'instructions*

La table des adresses de traitement des instructions et fonctions contient forcément une suite d'adresses de routines situées dans le BASIC ; le 1^er^ octet doit donc être toujours inférieur ou égal à &H3F (ROM) ou, éventuellement, compris entre &H6Ø et &H65 (RAM avant le programme).

Le programme 5 suivant cherche donc dans la ROM une suite d'au moins 2Ø couples d'octets consécutifs dont le 1^er^ est inférieur ou égal à &H3F.

```
400 REM  Programme 5
410 FOR I=0 TO &H3FE0
420 IF PEEK(I)>&H3F GOTO460
430 FOR J=I+2 TO I+248 STEP 2      '250 adresses maxi
```

```
440 IF PEEK(J)<&H40 THEN NEXT
450 IF J>I+40 THEN PRINTHEX$(I),HEX$(J-1):I=J+1     '>20
460 NEXT I
```

On obtient $1C à $6D et $26B à $2C8 ; or, si l'on observe (programme 2) la fin de cette dernière zone, on s'aperçoit en fait qu'elle continue jusqu'en $2DE (soit 58 adresses), puisque jusque-là on ne trouve qu'en $2C9 et $2CB les adresses $6233 et $6236, adresses où l'on a JMP $7F3 renvoyant à une adresse de la ROM.

Or, on pourra constater que seuls les 58 premiers mots du BASIC (de END à PLAY) sont directement exécutables.

Une ultime vérification consiste à relever par exemple les 1ère, 9e, 30e et 36e adresses de la table, soient $53B, $5F2, $35EB et $35E6, correspondant en principe respectivement à END, RUN, CLS et BEEP.

— EXEC &H53B inséré dans un programme provoque l'arrêt de celui-ci ;

— EXEC &H5F2 provoque le redémarrage du programme à partir de la première ligne ;

— EXEC &H35EB efface l'écran ;

— EXEC &H35E6 génère un "bip" sonore.

La table des adresses de traitement des instructions se situe donc bien en $26B ; on trouvera ces adresses en annexe.

Nous verrons au chapitre suivant que la zone de $2Ø à $6D représente la table des adresses des fonctions BASIC.

*Premières applications* :

Dans un programme en langage machine, un JSR $35EB effacera l'écran ; un JSR $35E6 génèrera un "bip".

Un JSR $5F2 permettra d'appeler un sous-programme écrit en BASIC à partir d'un programme en langage machine.

On pourra enfin étudier le traitement des diverses instructions du BASIC en listant les routines correspondantes.

# IV. *Le traitement des instructions*

## 1. Utilisation de la table des adresses

Il nous faut trouver l'endroit où s'effectue le branchement aux différentes adresses de traitement des instructions.

On vient de voir que le BASIC doit pour celà, à partir du code C d'une instruction, calculer l'adresse :

A = &H26B + (C − &HØ80) * 2,

où se trouve l'adresse du sous-programme de traitement de l'instruction.

On va donc chercher s'il existe dans la ROM ou la RAM une valeur &H26B (ou à défaut une valeur de &H267 à 26F par exemple, puisque la formule exacte du calcul de A est encore inconnue) ; cette valeur pourra être précédée d'un code d'instruction à adressage immédiat (ce ne pourra être que LDr ou ADDD) ou indexé, le pré-octet indiquant alors un déplacement sur 16 bits.

On reprend donc le programme 4 : on obtient les deux adresses $38AC et $62Ø4, les deux octets $38AB et $62Ø3 contenant la valeur &H92 (code de SBCA direct) ; ceci ne correspond pas à la condition ci-dessus.

Il faut donc chercher une instruction ayant *$38AC* ou *$62Ø4* comme partie adresse ; la page Ø du BASIC n'étant en effet située ni en $38, ni en $62 (voir paragraphe suivant), l'adresse ne peut être $AC ou $Ø4.

On reprend donc le programme 4 pour chercher $38AC, puis $62Ø4 ; on ne trouve pas $38AC, par contre on trouve $62Ø4 en $2B36 ; l'octet *$2B35* contient &HBE, c'est-à-dire le code de LDX en adressage étendu, ce qui correspond bien à ce que l'on cherche.

Remarquons que si l'on n'avait pas trouvé, on ferait comme au paragraphe précédent, c'est-à-dire que l'on chercherait une instruction LDr ≠ valeur, avec "valeur" située par exemple entre $61FØ et 62ØF.

On peut donc maintenant à l'aide du désassembleur examiner les instructions autour de $2B35 ; on y trouve effectivement le calcul de A ci-dessus.

Le listing complet est le suivant :

```
2B25   JSR     $627Ø     Contient RTS
       BNE     $2B2B
       RTS               Si 3A en tête (')
2B2B   CMPA    # $8Ø     Mot BASIC ?
       LBLO    $722      Caractère ASCII (affectation)
       CMPA    # $B9     Code de PLAY
       BHI     $2B42     Code > &HB9
2B35   LDX     $62Ø4     Début table (&H26B)
       LSLA              (Code–&H8Ø) * 2  →  A
       TFR     A,B
       ABX               (Code–8Ø) * 2+$26B  →  X
       LDX     ,X        Adresse traitement
       JSR     $B2       Voir ci-après
       JMP     ,X        Traitement de l'instruction
2B42   CMPA    # $FF
       BEQ     $2B4E
       CMPA    # $D5     Code de <
       BLS     $2AFF     Contient JMP $7F3 (SN Error)
       JMP     [$62ØE]   Contient $7F3 (SN Error)
2B4E   JSR     $B2       Voir ci-après
       CMPA    # $9C     Code de MID$
       LBEQ    $11ØØ
       CMPA    # $A1     Code de INPUT
       LBEQ    $27A5
       CMPA    # $A4     Codede SCREEN
       LBEQ    $33CC
       JMP     $6273     Contient RTS
```

*Application immédiate* :

En modifiant le contenu des octets $62Ø4 et 62Ø5, on pourra faire utiliser par le BASIC sa propre table d'adresses.

On pourra alors créer son propre langage (par exemple un BASIC "entier" très rapide) en écrivant les sous-programmes correspondants.

L'avantage est que l'on profitera ainsi de toute la partie de l'interpréteur réalisant le codage et l'édition.

## 2. Routine $B2

Cette routine fondamentale permet le "balayage" des caractères d'un programme.

Le programme suivant, appelé par USR, nous donnera tout d'abord l'emplacement de la page Ø du BASIC :

```
TFR     DP,B     Registre de page Ø  → B
STB     3,X      Poids faible accu. entier
RTS
```

Ceci correspond à la suite des codes hexadécimaux 1F(31), B9 (code de PLAY), E7, 3, 39 (code de 9), qui seront donc implantés en mémoire (en $65F8) le plus simplement possible par l'instruction 31 du programme suivant :

```
31 PLAYXX9$:POKE &H65FA,&HE7:POKE &H65FB,3
40 DEFUSR=&H65F8:PRINT HEX$(USR(0))
```

On obtient $61, qui constitue l'emplacement de la page Ø du BASIC.

D'où le listing de la routine $B2 :

```
61B2   INC    $BA
       BNE    $61B8
       INC    $B9
61B8   LDA    $xxxx     Adresse caractère courant
       CMPA   # $3A     Caractère ":"?
       BHS    $61C9
       CMPA   # $2Ø     Espace?
       BNE    $61C5
       JMP    $B2       Élimine les espaces
61C5   SUBA   # $3Ø     Chiffre de 0 à 9?
       SUBA   # $DØ
61C9   RTS
```

Cette routine incrémente donc l'adresse du caractère courant, contenue dans $61B9 et 61BA, puis retourne dans le registre A le code du caractère.

Le registre CC des codes conditions est positionné de la manière suivante :

— Z est mis à 1 si l'on a un Ø ou le caractère ":", c'est-à-dire une fin d'instruction ;

— C est mis à 1 si l'on a un chiffre, et à Ø dans le cas contraire.

REMARQUE : Cette routine existe sur tous les interpréteurs ; elle peut être trouvée directement par le programme 1 (légèrement modifié) en cherchant l'endroit de la RAM où se trouve l'adresse du caractère courant du programme.

### 3. Contrôles de validité

La syntaxe des instructions, ou les valeurs de certains paramètres, sont systématiquement contrôlés par l'interpréteur au fur et à mesure de l'exécution d'un programme (par exemple ici, $2B42 contrôle la validité d'un code).

Si l'un de ces contrôles est positif, il y a branchement en *$353*, le registre B contenant le code de l'erreur : voir $7F3 par exemple.

Les variables systèmes ERR (code de l'erreur) et ERL (numéro de la ligne où s'est produite l'erreur), situées respectivement en $6189 et $618A (voir chapitre II la routine $77Ø, en $7C2) sont alors positionnées.

L'exécution est ensuite soit interrompue et le message d'erreur (contenu dans une table située en $1722) affiché, soit poursuivie en α (jusqu'à l'instruction RESUME) s'il existe dans le programme une instruction ON ERROR GO TO α.

## *V. Boucle d'exécution d'un programme*

Pour la trouver, il nous faut chercher dans la ROM un JSR, BSR ou LBSR $2B25 (ou $2B2B).

Or, en remontant avant le sous-programme de traitement des instructions, on trouve immédiatement en $2B21 les instructions :

```
2B21  BSR    $2B25    Traitement
      BRA    $2AED    Début de la boucle
```

D'où le listing de la boucle :

```
2AED  STS    $8C
      JSR    $32BB    Surveillance du clavier
      LDX    $B9      Adresse caractère courant
      STX    $34
      LDA    ,X       Ø ou ":"?
      BEQ    $2BØ2    Nouvelle ligne
      CMPA   #$3A
      BEQ    $2B1F
      JMP    $7F3     SN Error
```

```
2B02   LDD    ,X++     A-t-on trois Ø?
       BEQ    $2B65    Fin du programme
       LDD    ,X+      Numéro de la ligne
       STD    $2C
       STX    $B9      Sur dernier octet de l'en-tête
       LDA    $86      ≠ Ø si TRON (voir $139E)
       BEQ    $2B1F    Pas de trace demandée
       LDA    # $5B    Code de "["
       JSR    $1Ø55    Écrit sur l'écran
       LDA    $2C      Numéro de la ligne
       JSR    $1ED1    Écrit le numéro
       LDA    # $5D    Code de "]"
       JSR    $1Ø55    Écriture
2B1F   JSR    $B2      1er octet de l'instruction
       BSR    $2B25    Traitement
       BRA    $2AED    Instruction suivante
```

*Routine de surveillance du clavier:*

```
32BB   JSR    $6294    Contient RTS
       JSR    $E8Ø9    KTST$ du moniteur
       BCC    $32BA    RTS (pas de touche)
       PSHS   B        Sauvegarde
       JSR    $E8Ø6    GETC$ du moniteur
32C8 à ...             Arrêt si CNT/C ; boucle si STOP ;
...32E1                Code touche → $65B1 sinon
```

*Application immédiate:*

En intervenant en $6294, on pourra supprimer ou modifier l'action du clavier : voir 4e partie.

# 2

# Le traitement des variables

Le traitement des variables sera décodé en étudiant l'instruction d'affectation ; on trouvera ainsi du même coup le traitement des opérateurs et des fonctions BASIC.

Avant d'étudier la routine correspondante, il est nécessaire de connaître la représentation mémoire des variables et des tableaux, et aussi la manière dont est gérée la mémoire.

## *I. Représentation des variables*

Les variables rencontrées lors de l'exécution d'un programme sont placées au fur et à mesure dans une zone de mémoire située après le programme lui-même ; cette zone sera donc examinée à l'aide du programme 2.

Pour les TO7, on trouve que chaque nom de variable est précédé d'un octet contenant la valeur du type de la variable (dans les 4 bits de plus fort poids), puis le nombre de caractères du nom diminué de un (les %, $, ! ou # éventuels ne comptent pas) ; on trouve ensuite le nom codé en ASCII, et enfin la valeur contenue dans un nombre d'octets égal à la valeur du type.

***Exemple :*** on écrit dans le programme 2 :

```
110 AB=1.5:CDE%=-3:AB$="chaine":CBA=-2.25:ADR0=&H669F
```

On obtient :

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 669F | 0 | 0 | 0 | 41 | 41 | 42 | 81 | 40 | 0 | 0 | 22 | 43 |
| 66AB | 44 | 45 | FF | FD | 31 | 41 | 42 | 6 | 66 | D | 42 | 43 |
| 66B7 | 42 | 41 | 82 | 90 | 0 | 0 | 43 | 41 | 44 | 52 | 30 | 8F |

— Le bit de plus fort poids d'une variable entière (type égal à 2) représente le signe ; les 15 autres bits contiennent la valeur en complément à deux ;

— Une variable réelle simple précision (type égal à 4) est codée en mode virgule flottante : le premier octet est égal à l'exposant de 2 augmenté de &H8Ø ; les trois autres octets contiennent la mantisse normalisée (inférieure à 1 et supérieure ou égale à 0,5), le bit de plus fort poids étant remplacé par le signe de la valeur.

***Exemple*** :

$$-2{,}25 = -4 \times 0{,}5625 = -2^2\,(2^{-1} + 2^{-4})$$

d'où le codage :

82 9Ø ØØ ØØ

— Une variable double précision (type égal à 8) est codée de la même manière, la mantisse occupant 7 octets.

— Le premier octet d'une variable chaîne (type égal à 3) contient le nombre de caractères de la chaîne ; les deux autres octets représentent l'adresse de la chaîne, située soit dans le programme lui-même en cas d'affectation simple (variable = "chaîne"), soit en fin de mémoire en cas de concaténation.

REMARQUE : Le nombre d'octets d'une variable réelle peut changer selon les ordinateurs ; de même, la représentation des noms de variable peut être différente. Par exemple, lorsque le nom est limité à deux caractères, le codage se fait toujours sur 2 octets, dont le bit de plus fort poids est positionné pour indiquer le type.

## II. Représentation des tableaux

Les tableaux sont placés dans une zone située après celle des variables ; un tableau est créé dans cette zone par l'instruction DIM, ou à défaut par la première utilisation du tableau (la taille étant alors égale à 11).

Le nom d'un tableau est codé comme celui d'une variable ; il est suivi de l'en-tête suivant, qui précède les valeurs :

— deux octets contiennent le nombre total d'octets occupé par le tableau (y compris l'en-tête) ;

— un octet contient le nombre d'indices ;

— pour chaque indice, on a ensuite deux octets contenant la valeur maximale augmentée de un, en commençant par le dernier indice.

Pour les valeurs, c'est le premier indice qui varie d'abord, puis le second est incrémenté, etc...

***Exemple*** : On écrit dans le programme 2 :

```
110 DIM AB%(3,2):AB%(1,0)=1:AB%(2,0)=2:AB%(3,0)=3:AB%(0
,1)=4:AB%(1,1)=5:ADR0=&H66D3
```

On obtient :

```
66D3    21   41   42   0    1F   2    0    3    0    4    0    0
66DF    0    1    0    2    0    3    0    4    0    5    0    0
```

## III. Gestion de la mémoire

L'interpréteur gère la mémoire à partir des adresses de chaque zone.

Les mémoires contenant ces adresses peuvent être trouvées soit par le programme 1 (on recherchera par exemple la mémoire contenant l'adresse du début de la zone des variables, trouvée par comptage à partir de $65F5), soit par observation (le programme 2 permettra de trouver l'emplacement des chaînes, le contenu de $618C, 618D donne la valeur du

pointeur S, etc...) soit par l'étude de l'instruction d'affectation (voir par exemple la routine $A48, en $A8A).

On trouve que ces mémoires sont situées en page Ø du BASIC ; contenant des adresses, elles occupent deux octets chacune :

— $611C pointe sur la première instruction du programme, c'est-à-dire sur $65F5 ;

— $611E pointe sur le premier octet de la zone des variables ;

— $612Ø pointe sur le premier octet de la zone des tableaux ;

— $6122 pointe sur le premier octet libre situé après les tableaux, c'est-à-dire sur le dernier octet utilisable par la pile S ;

— $6124 pointe sur le "fond" de la pile S ; la zone des chaînes commence juste après ;

— $612A pointe sur le dernier octet de la zone des chaînes ; les caractères utilisateurs éventuels sont situés juste après, en commençant par la ligne du bas du dernier ; la ligne du haut de GR$(Ø) est située en FIN-1, FIN étant la plus haute adresse du BASIC (deuxième paramètre d'un CLEAR, ou plus haute adresse de la RAM par défaut).

## *IV. Recherche d'une variable ou d'un tableau*

L'adresse de cette routine fondamentale de l'interpréteur sera trouvée en listant les premières instructions du traitement de l'affectation ; celle-ci doit en effet d'abord déterminer l'adresse où devra être rangé le résultat, qui sera ensuite calculé.

La routine recherche une variable ou un élément de tableau dans la zone de mémoire correspondante ; elle crée cette variable (sauf si elle est située dans un calcul d'expression, ceci pour le cas où la valeur devrait être affectée à un élément de tableau, non déplaçable pendant l'affectation elle-même) ou le tableau lui-même, en les initialisant à Ø s'ils n'existent pas encore ; elle retourne enfin l'adresse de la valeur correspondante.

Dans le cas des TO7, la routine est située en $A48 (on trouve en effet en $722 l'instruction JSR $A48) ; elle retourne l'adresse de la valeur dans le registre X et dans la mémoire $613D ; le type de la valeur est placé dans l'octet d'adresse $61Ø5 ; enfin, $61B9 (contenant l'adresse du caractère courant du programme) est positionné sur le premier caractère qui suit la variable ou l'élément de tableau.

Le listing est en effet le suivant :

```
A48     CLRB
        JSR     $B8      1er caractère du nom à chercher
A4B     STB     $Ø4      Entrée pour DIM, avec B≠Ø
        JSR     $6297    Contient RTS
        BSR     $AØA     Nom rangé à partir de $657A ;
                         nombre de caractères en $613C
A52 à   ...A75           Valeur du type → $61Ø5
A76     JSR     $B2      1er caractère après le nom
        LDB     $Ø7      Contient normalement Ø
        DECB
        LBEQ    $B64     Recherche début d'un tableau
        INCB
        BNE     $A88     Pas de tableau (cas de FOR)
        SUBA    #$28     Code de "("
        LBEQ    $B12     Elément de tableau
A88     CLR     $Ø7      Variable
        LDX     $1E      Début de zone des variables
A8C     CMPX    $2Ø      Fin zone des variables ?
        BEQ     $AA2     Variable n'existe pas encore
        LDB     ,X       1er octet d'un variable
        LSRB
        LSRB
        LSRB
        LSRB             Garde les 4 bits de fort poids
        PSHS    B        Valeur du type
        JSR     $ADB     Comparaison des noms
        PULS    B
        BEQ     $AD8     Variable trouvée
        ABX              Pas la bonne variable
        BRA     $A8C     Variable suivante
AA2 à   ...              Variable ajoutée en fin de zone (sauf si $A48 a été
...AD7                   appelée en $8ØØ), après déplacement de la zone
                         des tableaux
AD8     STX     $3D      Adresse dans X et $3D
        RTS
```

Puis on a, pour les tableaux :

```
B12 à   ...
...B62                   Calcule et empile les indices
B63     LDB     #$5F     Ou CLRB en $B64
B65     PSHS    B        5F ou Ø dans la pile
B67 à   ...              Cherche nom du tableau (et RTS si pile contient
...BE8                   Ø) ; tabl. créé par $B97 si n'existe pas encore
BE9 à   ...
...C12                   Calcule l'adresse de l'élément
C13     STX     $3D      Adresse dans X et $3D
        RTS
```

Le lecteur est bien entendu vivement invité à étudier les instructions ou sous-programme non listés ici pour des raisons de place.

*Amélioration possible* : Lorsqu'on étudie le traitement des instructions du BASIC, on s'aperçoit que l'interpréteur appelle la routine $A48 chaque fois qu'il rencontre une variable ou un élément de tableau.

Par exemple dans le cas d'une boucle, il y a donc *à chaque passage* exploration de la RAM jusqu'à trouver la valeur correspondante, située pourtant toujours au même endroit dans le cas d'une variable.

On verra dans la 4e partie que ceci peut être évité, en intervenant en $6297 ; la vitesse d'exécution des programmes sera alors très nettement augmentée.

# V. *Traitement d'une expression*

## 1. Instruction d'affectation

L'instruction se présente sous la forme :

variable = expression

("variable" pouvant être un élément de tableau).

La routine de traitement est la suivante :

```
722     JSR     $A48      Recherche de la variable
        STX     $3F       Adresse de la valeur
        LDB     #$D4      Code de "="
        JSR     $DØ       Contient JMP $7EB
        LDA     $Ø5       Type de la variable
        PSHS    A
        JSR     $81A      Calcul de l'expression
        PULS    A
734     JSR     $251Ø     Conversion éventuelle de l'exp. dans le type de
                          la variable
        JSR     $CD       Contient JMP $25Ø2
        LBNE    $1C36     Si type 2,4 ou 8 ; range valeur à l'adresse contenue
                          dans $3F
73D à   ...               Si type 3; affecte la chaîne résultat à la
...76A                    variable
```

Les routines situées en $7EB et $25Ø2 sont appelées de nombreuses fois par l'interpréteur.

— $7EB est utilisée pour tous les contrôles de syntaxe; elle teste si le caractère courant est bien égal à celui contenu dans l'accumulateur B (SN Error sinon), puis elle retourne le caractère suivant; on a en effet:

```
7EB   CMPB   [$61B9]   Code du caractère courant
      BNE    $7F3
      JMP    $B2       Caractère suivant
7F3   LDB    #$Ø2      Code erreur SN : syntax error
      JMP    $353      Affichage erreur; arrêt
```

— $25Ø2 positionne le registre CC du 68Ø9 selon la valeur x d'un type, contenue dans l'octet $61Ø5 (ou dans le registre A si le point d'entrée est en $25Ø4):

Si x = 2 (entier), N et C sont mis à 1, Z et V à Ø
Si x = 3 (chaîne), Z et C sont mis à 1, N et V à Ø
Si x = 4 (réel), V et C sont mis à 1, N et Z à Ø
Si x = 8 (double précision), N,Z,V et C sont mis à Ø.

On a en effet:

```
25Ø2  LDA    $Ø5
25Ø4  CMPA   #$Ø8      Ø → C si 8
      DECA
      DECA
      DECA             1 → Z si 3; 1 → N si 2
      BLE    $25ØF     Si 2 ou 3
      BCC    $25ØF     Si 8
      ORCC   #$Ø2      Si 4; 1 → V
25ØF  RTS
```

## 2. Calcul d'une expression

Il est effectué par la routine $81A: celle-ci range le résultat x dans "l'accumulateur flottant" (utilisé par l'instruction USR du BASIC) situé à partir de $6155.

— Si x est entier, il est placé en $6157 et 6158;

— Si x est une chaîne, l'adresse du descripteur de la chaîne (c'est-à-dire toujours $658A, adresse où l'on trouve la longueur et l'adresse de la chaîne) est placée encore en $6157 et 6158;

— Si x est un réel, la valeur absolue est rangée de $6155 à 6158, le signe étant contenu dans $615D (dans le bit de plus fort poids) ;

— Si x est un réel double précision, l'accumulateur va de $6155 à 615C ; le signe est toujours en $615D.

Enfin, le type du résultat est placé dans $61Ø5, et il y a positionnement de $61B9 sur le premier caractère qui suit l'expression.

Le listing est le suivant :

```
81A     BSR     $815      Revient sur caractère précédent
        CLRA
81D     CMPX    # $9641   Ou LDA $41 en $81E
        PSHS    A
        LDB     # $Ø1
        JSR     $336      Test de débordement mémoire
        JSR     $77Ø      Traite un opérande ; valeur dans l'accumulateur
                          flottant
82A à   ...875            Décodage d'un opérateur ou RTS
876     BSR     $883      Calcule une sous-expression
878     BRA     $82A      Suite de l'expression
```

## 3. Traitement d'un opérande

On verra que la routine $883 contient un JSR $81E pour chercher la valeur de l'opération situé après l'opérateur T ; tous les opérandes sont donc traités par la routine suivante, située en $77Ø :

```
77Ø     JSR     $627C     Contient RTS
        LDX     $B9
        JSR     $B2       1er caractère de l'opérande
        BEQ     $76B      MO Error (Missing Operand)
        BCC     $78Ø      On n'a pas un chiffre
77B     STX     $B9       On a un chiffre
        JMP     $1EØ3     Traitement des constantes
78Ø     JSR     $A36      Retourne C=Ø si on a une lettre
        BCC     $8ØØ      Variable
        CMPA    # $2E     Code de "."
        BEQ     $77B      Constante réelle
789 à   ...               Décode et traite ± unaires," (chaîne), NOT, &,
...7D4                    ERR et ERL, USR
7D5     CMPA    # $BD     Code FN
        LBEQ    $623C     Contient JMP $7F3 (SN Error)
```

| | | | |
|---|---|---|---|
| | INCA | | A-t-on FF (fonction) ? |
| | BEQ | $80Ø D | Contient JMP $2A93 |
| 7DE à | ... | | Teste si on a "(" et SN Error sinon ; calcule l'exp. |
| ...7F7 | | | entre ( ) |
| 8ØØ | JSR | $A48 | Recherche de la variable |
| | STX | $57 | Adresse |
| | JSR | $CD | Contient JMP $25Ø2 |
| | BNE | $8ØA | Si variable numérique |
| | RTS | | Si variable chaîne |
| 8ØA | JMP | $1CØ2 | Valeur dans accu. flottant |

## 4. Applications

En intervenant en $623C, on pourra utiliser des fonctions utilisateurs (FN) : voir troisième partie.

En intervenant en $627C, on pourra modifier la routine $77Ø du traitement d'un opérande, par exemple au niveau du calcul des constantes, ou de la recherche d'une variable : voir quatrième partie.

# *VI. Traitement des fonctions BASIC*

On vient de voir qu'il est effectué en $2A93 ; on a :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2A93 | JSR | $6288 | Contient RTS |
| | JSR | $B2 | Deuxième octet du code |
| | TFR | A,B | Code C → B |
| | LSLB | | x=(C−$8Ø) * 2 → B |
| | JSR | $B2 | Caractère suivant |
| | CMPB | # $4C | PTRIG |
| | BLS | $2AA5 | Si inférieur ou égal |
| | JMP | [$6213] | Contient $7F3 (SN Error) |
| 2AA5 | PSHS | B | x → pile |
| 2AA7 a ... | | | Traitement des paramètres ; conversion en réel |
| ...2AE1 | | | pour les fonctions de code $FF84 à 89 (SQR à TAN) |
| 2AE2 | PULS | B | Dépile x |
| | LDX | $62Ø9 | Contient $ØØ2Ø |
| | ABX | | X pointe sur x^e adresse |
| | JSR | [Ø,X] | Traitement de la fonction |
| | JMP | $24FD | Contrôle du type |

On constate immédiatement que la table des fonctions commence en $ØØ2Ø, ce qui correspond à ce que l'on avait trouvé au chapitre I ; elle se termine en $ØØ6D.

On trouvera en annexe les adresses de traitement de toutes les fonctions BASIC (lues dans la table, ou décodées différemment, par exemple pour TAB ou SPC, etc...).

*Application immédiate* : Un programme écrit en langage machine peut utiliser directement des fonctions BASIC, par exemple SQR, CSNG, etc... : voir 3e partie.

# *VII. Traitement des opérateurs BASIC*

L'enchaînement des routines correspondantes est relativement complexe.

## 1. Table des opérateurs

On a vu que les opérateurs sont décodés en $82A ; on a :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 82A à | 833 | | Initialisations |
| 834 à | ... | | Codage dans $6143 des opérat. de relation : |
| ...84A | | | 1 si > , 2 si =, 3 si ⩾ , 4 si < , 5 si ≠, 6 si ⩽ |
| 84B | LDB | $43 | |
| | LBNE | $97A | Traite les opérat. de relation |
| 851 à | ... | | x = (code opérat. −$C7) → B, et test de |
| ...85E | | | concaténation de chaîne |
| 85F | LBEQ | $DBB | Traitement de la concaténation |
| 863 | PSHS | B | x → pile |
| | LSLB | | 2 * x → B |
| | ADDB | ,S+ | 3 * x → B et dépilement de x |
| | LDX | #$ØØ6E | Début de la table |
| | ABX | | $6E + 3x → X |
| 86C à | ...875 | | Voir ci-après |

La table des opérateurs commence donc en $ØØ6E ; elle comprend trois octets pour chaque opérateur :

- le premier représente la priorité de l'opérateur (&H7F pour la plus grande, celle de la puissance) ;

— les deux autres l'adresse de traitement.

Les informations concernant tous les opérateurs sont listées en annexe.

## 2. La routine $883

Elle calcule une sous-expression aTb ; le listing est le suivant :

```
883     STB     $41      Priorité de l'opérat. courant T
        CMPB    # $7F
        BEQ     $8F3     Opérateur puissance
        LDU     1,X
        PSHS    U        Adresse traitement de T → pile
        CMPB    # $51
        BLO     $905     Opérateur logique (AND à IMP)
        ANDB    # $FE
        CMPB    # $7A
        BEQ     $90E     Opérateur MOD et @
        JSR     $939     Opérande a → pile
        JSR     $81E     Calcule b ; bit le T' suivant
89D     JSR     $24FD    b numérique (SN Error sinon) ?
        JSR     $95A     Dépilement dans $6163 à 616B de l'opérande en
                         haut de la pile (on y trouve donc maintenant
                         l'adresse du traitement de T)
8A3 à   ...              Conversion si a et b de types ≠ ; permutation s'ils
...8B1                   sont entiers
8B2     RTS              Branche au traitement de T
```

On observera qu'en $8F3 (opérateur puissance) et $905 (opérateurs logiques), on a exactement la même succession d'appels des routines $939, $81E et $95A, suivie du branchement à la routine de traitement de l'opérateur ($2391 pour ↑ ; l'adresse située en $7B sert en effet pour les opérateurs de relation : voir $97A à 99B, puis $99C).

Le lecteur observera aussi le dépilement dans Y des adresses de retour des routines $939 et $95A, le retour se faisant alors par une instruction JMP ,Y ; ceci permet de n'empiler que les opérandes et opérateurs successifs.

## 3. La gestion des priorités

On constate que $883 appelle lui-même la routine $81E ; celle-ci range donc la priorité de T (opérateur courant) dans la pile, puis lit l'opérande b et l'opérateur T' suivants ; on arrive alors en $86C, où l'on a :

```
86C    LDA     ,S       Priorite de T, rangee en $81E
       CMPA    ,X       Priorite de T', dans la table
       BHS     $853     Si priorite de T ≥ celle de T'
       BSR     $812     b numerique (SN Error sinon) ?
       BSR     $883
```

$853 contient l'instruction PULS A,PC.

Donc si la priorité de T est supérieure ou égale à celle de T', on dépile la priorité de T et on retourne en $89D (car le JSR $81E en $89A place $89D dans la pile) ; d'où le calcul de l'opération correspondant à T (cas de a * b +...).

Si la priorité de T est inférieure à celle de T', il y a un nouvel appel de $883, c'est-à-dire que la priorité et l'adresse du traitement de T sont empilés, ainsi que la valeur de l'opérande b ; l'opération correspondante ne sera donc exécutée que plus tard (cas de a + b *...).

## 4. Applications

Un programme écrit en langage machine peut utiliser les routines de traitement des opérateurs BASIC, en particulier *, @ et MOD : voir la troisième partie.

On pourra aussi écrire une routine simplifiée de traitement des opérateurs (pour + par exemple) utilisable en BASIC et conduisant à des calculs plus rapides de 50 % : voir la troisième partie (INC).

# 3

# Etude de quelques instructions BASIC

Nous détaillons ici le fonctionnement de certaines instructions fondamentales du BASIC TO7.

Les instructions sont bien sûr traitées sous des formes très voisines sur tous les micro-ordinateurs, d'où l'intérêt général de cette étude.

Celle-ci nous permettra d'envisager diverses interventions sur l'interpréteur, que nous verrons dans la suite de notre ouvrage.

## *I. Instruction de branchement*

Le mot GO est traité en $6Ø6 ; selon qu'il est suivi de TO ou de SUB, on va respectivement en $624 ou en $612, avec $61B9 positionné sur le premier caractère suivant.

## 1. GO TO

L'instruction GO TO α est donc traitée de la manière suivante :

```
624   JSR    $B8     Premier chiffre de α
      JSR    $6FD    Calcul de α , range en $613Ø
      BSR    $66E    Cherche le Ø de fin de ligne
      LEAX   1,X     X pointe sur la ligne suivante
      LDD    $3Ø     α  →  D
      CMPD   $2C     n° β de la ligne du GO TO
      BHI    $636    α  > β ⇒α apres la ligne actuelle ; sinon, chercher
                     avant
      LDX    $1C     Adresse du debut du programme
636   JSR    $4A4    Retourne dans X l'adresse de la ligne de n° α (ou
                     C  1 si n'existe pas)
      BCS    $655    UL Error
      LEAX    1,X    Adresse du Ø precedant α
      STX    $B9     Positionne le caractere courant
      RTS            Provoque l'execution de α
```

*Routine $66E (ou $66B)* : Elle commence par :

```
66B   LDB    # $3A     Code de " : "
66D   LDA    # $5F     Ou CLRB en $66E
```

On a ensuite de $66F à 696 la recherche, à partir du caractère courant du programme, à la fois d'un Ø et du caractère dont le code a été mis dans B (en $66B ou $66E) ; l'adresse correspondante est placée dans X.

$66E recherche donc la fin de la ligne courante (Ø) ; $66B recherche la fin de l'instruction en cours (Ø ou $3A).

Cette routine fondamentale est utilisée chaque fois que l'interpréteur doit sauter quelque chose ; elle est donc en particulier utilisée aussi par RETURN, REM, DATA, ON, IF et FOR.

Dans le cas des TO7, la routine détecte les caractères de code $22 (guillemets ; les caractères de code $3A sont alors ignorés jusqu'aux deuxièmes guillemets), FF (fonction ; un octet est alors sauté) et 89 (ceci pour les cas où l'on a des IF imbriqués ; la mémoire $6171 est alors incrémentée).

*Conséquence immédiate :*

Si l'on intervient dans le programme lui-même, par exemple, pour remplacer des constantes par leur valeur binaire, ou des variables par leur adresse (voir quatrième partie), il ne faudra jamais placer les valeur &HØ, 22, 3A, 89 ou FF.

## 2. GOSUB et RETURN

Le traitement de GOSUB α est le suivant :

```
612   LDB    #$Ø3      On va empiler trois registres
      JSR    $336      Test de débordement mémoire
      LDU    $B9       Caractère courant
      LDX    $2C       Numéro β de la ligne courante
      LDA    #$BC      Code de SUB
      PSHS   U,X,A
      BSR    $624      GO TO : positionne sur ligne α
      JMP    $2AED     Boucle d'exécution du programme
```

Lorsque l'interpréteur rencontre RETURN (traité en $64Ø), il positionne S sur la valeur en haut de la pile (RG Error si ce n'est pas &HBC), puis arrive en $65D où l'on trouve :

```
65D   PULS   A,X,U
      STX    $2C       Restaure β (ligne du GOSUB)
      STU    $B9       Caractère courant sur α
663   BSR    $66B      Cherche fin de GOSUB α
      CMPX   #$8DØ6    Ignoré ici (sert pour REM)
      STX    $B9       Caractère courant
66A   RTS              On est revenu après GOSUB
```

REMARQUE : Les boucles non terminées sont dépilées en $646 (routine $2F3 appelée avec &HFF dans $613F : voir paragraphe III), avant le retour au programme principal).

## 3. ON

L'instruction ON expression GO... est traitée en $6D7 (voir $36B5), où la valeur x de l'expression est rangée dans $6158 ; l'interpréteur se positionne alors sur le x$^{e}$ numéro de la liste (lu et calculé par la routine $6FD) et se branche en $6Ø8, c'est-à-dire au traitement de GOTO et GOSUB.

## 4. Amélioration possible

A chaque instruction de branchement rencontrée, il y a calcul de l'étiquette et exploration du programme ; ceci est refait chaque fois si l'on repasse sur le même branchement.

On verra dans la quatrième partie que ceci peut être évité, ce qui améliore nettement la vitesse d'exécution.

## II. Instruction de test

L'instruction IF expression... est traitée en $697, où l'on trouve :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 697 | JSR | $81A | Calcul de l'expression |
| 69A | à 6AF | | SN Error si pas THEN ou GOTO |
| 6BØ | JSR | $1CC8 | 1 → Z si exp. fausse (Ø), Ø si vraie |
| | BNE | $6C8 | Exécute le GOTO ou la suite du THEN ; sinon, doit être sauté |
| | CLR | $71 | Va compter nbre de IF imbriqués |
| 6B7 | BSR | $663 | Cherche Ø ou $3A (voir RETURN) |
| | TSTA | | Ø ou 3A ? |
| | BEQ | $66A | Pas ELSE⇒ligne suivante (RTS) |
| | JSR | $B2 | $3A ; ELSE ou suite du THEN ? |
| | CMPA | ≠$8F | Code de ELSE |
| | BNE | $6B7 | Suite du THEN |
| | DEC | $71 | A-t-on des IF imbriqués ? |
| | BPL | $6B7 | Pas encore le bon ELSE |
| | JSR | $B2 | Trouvé |
| 6C8 | JSR | $B8 | Caractère courant |
| | LBCS | $624 | Chiffre⇒branchement (GOTO) |
| | JMP | $2B25 | Traitement des instructions |

REMARQUE : Lors de la saisie d'un programme, ELSE est codé par &H8F précédé de &H3A, d'où l'utilisation de la routine $66B (par BSR $663).

## III. Instruction FOR... NEXT

### 1. Traitement de FOR

Il est effectué en $1578 ; après avoir initialisé la variable de contrôle, la routine empile successivement :

— l'adresse du Ø ou &H3A terminant l'instruction FOR (2 octets),

— le numéro (2 octets) de la ligne courante (grâce à ces deux informations, on pourra se repositionner après le NEXT sur la première instruction de la boucle),

— la valeur finale de la variable de contrôle (4 octets),

— le signe du pas d'incrémentation (1 octet),

— la valeur du pas (4 octets)

— le type du pas (1 octet, égal à 2 ou 4),

— l'adresse du NEXT (2 octets) correspondant au FOR (trouvé par la routine $16AD décrite ci-après),

— l'adresse de la variable de contrôle (2 octets),

— la valeur &H81, c'est-à-dire le code de FOR (1 octet).

La routine positionne ensuite $612C avec le numéro de la ligne du NEXT ($61B9 est déjà positionné sur le NEXT, par la routine $16AD) et appelle en $16Ø2 la routine $16Ø4, correspondant au traitement de NEXT sans incrémentation de la variable de contrôle (grâce à la mémoire $6185 initialisée ici à &H4F et non à Ø).

L'exécution se poursuit donc soit après le NEXT, soit à partir de la première instruction de la boucle.

REMARQUE : Cet appel de la routine du traitement de NEXT (sans incrémentation) n'est pas effectué par tous les BASIC ; la boucle est alors toujours exécutée au moins une fois.

## 2. Traitement de NEXT

NEXT est traité en $16Ø5, où la mémoire $6185 est initialisée à Ø.

Puis en $161A est appelée la routine $2F3, qui balaye la pile S à partir du sommet pour trouver le FOR correspondant au NEXT ; le BASIC Microsoft autorisant en effet les sorties anormales de boucle par GOTO, le bon FOR peut ne pas être situé au sommet de la pile.

Le registre S est alors modifié pour pointer sur la valeur &H81 correspondant à ce FOR, ce qui dépile les boucles dont on est sorti anormalement ; puis les valeurs empilées sont récupérées.

La variable de contrôle est alors incrémentée (sauf si $6181 est différent de Ø) et le test de fin de boucle exécuté.

S'il est vrai, le numéro de la ligne du FOR est récupéré (en $1622, par LDX 15,S et STX $2C), puis l'adresse de la première instruction de la boucle (par LDX 17,S et STX $B9) ; il y a enfin branchement en $2AED, c'est-à-dire à la boucle d'exécution du programme ; l'instruction exécutée est donc la première après le FOR.

Si le test est faux, les 19 octets empilés par le FOR sont dépilés (en $166E) et il y a encore branchement en $2AED ; l'exécution se poursuit donc après le NEXT.

### 3. La routine $16AD

Il s'agit d'une deuxième routine d'exploration du programme (la première étant $66B ou $66E) ; son point d'entrée est en fait soit en $16AC ($617Ø est alors initialisé par &H4F), soit en $16AD qui initialise $617Ø à Ø.

Le programme est ici exploré à partir du caractère courant jusqu'à trouver un octet contenant Ø, &H3A (" : "), &H8F (ELSE) ou &HC4 (THEN).

Selon la valeur de $617Ø, la routine teste si le caractère suivant est FOR (&H81) ou WHILE (&HAF) ; si c'est le cas, on a deux boucles imbriquées ; le registre B est alors incrémenté et il y a retour au début.

Si l'on a un NEXT (&H82) ou un WEND (&HBØ), toujours selon la valeur de $617Ø, la routine examine si c'est le bon ; pour celà, B est décrémenté et il y a retour au début si l'on n'a pas Ø.

Si c'est le cas, la routine retourne le numéro de la ligne dans $6178 ; le caractère courant est positionné sur le NEXT ou le WEND.

*Conséquence immédiate* :

Si l'on intervient dans le programme lui-même, on ne devra jamais introduire des valeurs &H3A81, ou &H8F81, ou &HC4AF, etc...

### 4. Applications

La routine $16AC trouve le WEND correspondant à un WHILE.

Il sera donc très facile de créer les routines complètes de traitement de WHILE et WEND : voir 3e partie.

## IV. Les instructions graphiques

### 1. Le graphisme des TO7

L'écran est divisé en 2ØØ lignes de 4Ø segments de huit points ; chaque segment est décrit par deux octets de la mémoire écran.

Celle-ci est en effet composée de deux blocs de 8K-octets situés à la même adresse $4ØØØ ; ils sont sélectionnés par la valeur du bit Ø d'un port d'un PIA (port C du circuit 6846), lui même situé à l'adresse $E7C3.

— *la valeur 1* sélectionne la mémoire de "forme"; chaque bit d'un octet représente alors un point de l'écran, qui appartient soit à la forme (bit égal à 1), soit au fond (bit égal à Ø).

En général, la forme est constituée par un message ou un graphisme.

***Exemple*:**

```
100 POKE &HE7C3,PEEK(&HE7C3) OR 1:ADR=&H4000+C@8+L*40
110 POKE ADR,2^(7-C MOD 8)
```

affiche le point de coordonnées (C,L), C étant la colonne (Ø à 319) et L la ligne (Ø à 199).

REMARQUE: La routine $F161 du moniteur du TO7 met à 1 le bit Ø de $E7C3 ($F328 pour le TO7-7Ø).

— *la valeur Ø* sélectionne la mémoire de "couleur"; chaque octet représente alors la couleur de la forme (dans les bits 3,4,5) et du fond (bits Ø,1,2) d'un segment de 8 points.

***Exemple*:**

```
200 POKE &HE7C3,PEEK(&HE7C3) AND &HFE:POKE ADR,&H0F
```

affiche le point précédent en rouge (code 1=&BØØ1), le fond du segment étant blanc (code 7=&B111).

REMARQUE 1: Sur le TO7-7Ø, les bits 6 et 7 de la mémoire couleur sélectionnent respectivement la couleur pastel pour la forme et pour le fond s'ils sont mis à Ø; ils sont toujours à 1 sur le TO7.

REMARQUE 2: $E7C3 contrôle aussi entre autres l'affichage en majuscules ou minuscules (bit 3), et la couleur du cadre de l'écran (bits 4,5 et 6): voir annexes.

## 2. Line $(x_1, y_1) - (x_2, y_2)$

L'instruction trace une droite entre les points $P_1$ $(x_1,y_1)$ (qui peut être omis) et $P_2$ $(x_2,y_2)$; le traitement est le suivant:

```
34FB  BSR  $354B  Affiche P1; P2 → X et Y
      LDX  $6576  Abscisse de P2 (colonne)
35ØØ  LDY  $6578  Ordonnée de P2 (ligne)
35Ø4  JMP  $E8ØC  Tracé (DRAW$ du moniteur)
```

*Routine $354B* : elle est utilisée par les 4 instructions LINE, BOX, BOXF et PSET, quel que soit le mode (graphique ou caractère).

La routine place d'abord dans les registres X et Y les coordonnées du dernier point affiché ; elles sont remplacées par les coordonnées de $P_1$ si elles figurent dans l'instruction (routine $34CB) ; X et Y sont alors placés respectivement en $6572 et $6574, puis rangés dans la pile.

Les coordonnées de $P_2$ sont ensuite lues (toujours par $34CB), puis stockées en $6576 et $6578.

Si l'instruction opère en mode caractère, les attributs sont traités en $3574, qui se termine par un JMP $E833 affichant un caractère (routine CHPL$ du moniteur).

Si l'on est en mode graphique, l'attribut éventuel couleur est traité en $35C1 ; s'il ne figure pas dans l'instruction, la routine prend (en $35B7) la couleur forme courante contenue dans le registre moniteur $6Ø3B (COLOUR) ; dans les deux cas, la couleur est rangée dans le registre moniteur $6Ø38 (FORME).

X et Y sont enfin dépilés, ce qui restaure les coordonnées de $P_1$, le registre $6Ø41 (CHDRAW) est mis à Ø et il y a branchement en $E8ØF qui affiche le point graphique (routine PLOT$ du moniteur).

## 3. BOX et BOXF $(x_1, y_1) - (x_2, y_2)$

L'instruction BOX est traitée en $35Ø7, où la mémoire $6571 est initialisée à Ø ou à &H46 si l'instruction est suivie de la lettre F.

Il y a ensuite appel de la routine $354B, qui range donc entre autres $x_1$ et $y_1$ dans X et Y ; selon la valeur de $6571, il y a branchement en $351A pour BOX et en $352C pour BOXF ; on a alors :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 351A | LDX | $6576 | $x_2 \rightarrow X$ ; on a $Y = y_1$ |
| | BSR | $35Ø4 | Trace drte. horiz. $P_1 - (x_2, y_1)$ |
| | BSR | $35ØØ | Trace drte. vert. $(x_2, y_1) - P_2$ |
| | LDX | $6572 | $x_1 \rightarrow X$ ; on a $Y = y_2$ |
| | BSR | $35Ø4 | Trace drt. horiz. $P_2 - (x_1, y_2)$ |
| | LDY | $6574 | $y_1 \rightarrow Y$ ; on a $X = x_1$ |
| 352A | BRA | $35Ø4 | Trace drt. $(x_1, y_2) - P_1$ et RTS |

La routine $352C (BOXF) opère en traçant la droite horizontale d'ordonnée $y_1$, puis celle d'ordonnée $y_1 \pm 1$ (selon que $y_2$ est supérieur ou inférieur à $y_1$), etc..., jusqu'à arriver à $y_2$.

*Applications* :

En s'inspirant des routines ci-dessus, on pourra facilement écrire des routines dessinant par exemple des losanges, ou même des cercles "pleins" : voir troisième partie.

### 4. PSET (x, y)

C'est l'instruction la plus simple ; elle est traitée en $34EC, où l'on trouve :

```
34EC  BSR    $34CB    x → X, y → Y
      BSR    $34F1
      RTS
34F1  PSHS   X,Y
      BRA    $3565    Traite couleur ; affiche P
```

$3565 appartient en effet à la routine $354B.

## Les autres instructions

L'étude accomplie jusqu'ici débouche comme nous allons le voir sur un grand nombre d'applications.

Il reste cependant bien d'autres instructions à étudier, que le lecteur choisira en fonction de son intérêt personnel ; il s'aidera pour celà des listes des principales routines et adresses du BASIC, données en annexe (listes non exhaustives !)

Par exemple, si l'on désire lever la protection d'un programme, on devra étudier le traitement de LIST (ou de PEEK ou POKE par exemple) ; on constatera alors que la protection est assurée par la routine $2D29, qui teste la mémoire $61A2.

La protection sera donc levée en chargeant (par LOADM, puisque POKE est interdit) la mémoire $61A2 ; on devra pour celà enregistrer préalablement l'octet $61A2 sur cassette (par SAVEM "nom", &H61A2, &H61A2, Ø).

# 4

# Méthode pratique de décodage d'un interpréteur

Nous avons déjà largement expliqué, en particulier au chapitre I, la démarche à suivre pour décoder un interpréteur BASIC quelconque, à priori totalement hermétique !...

Nous résumons ici cette méthode, opérant avec 5 programmes BASIC de cinq ou six lignes chacun et un peu de réflexion...

## 1. Début d'un programme

Le programme 1 permet de trouver l'adresse B du début d'un programme, la recherche devant commencer à l'adresse A du début de la RAM (ligne 3Ø à modifier).

## 2. Codage d'un programme

Les octets situés à partir de B seront examinés grâce au programme 2 ; on déterminera ainsi le codage des instructions et de quelques mots-clés du BASIC.

## 3. Tables des mots-clés du BASIC

Le programme 1 permet de trouver dans le BASIC (ligne 3Ø à modifier) l'adresse C du début de la table des noms d'instructions, et l'adresse D du début de la table des noms de fonctions ; on cherchera pour celà (ligne 2Ø à modifier) les (n-1) premières lettres d'un mot-clé de n caractères situé vers le début de la table à localiser.

On en déduira les codes de tous les mots clés du BASIC, grâce au programme 3 (valeurs &H8Ø, &HD5 et B6 de la ligne 24Ø à modifier, ainsi que la ligne 22Ø).

## 4. Utilisation des tables de noms

Le programme 4 permet de trouver dans le BASIC et dans la RAM, en principe entre A et B (lignes 32Ø et 33Ø à modifier) les valeurs C et D.

S'il existe une adresse E de la RAM contenant C ou D, il suffira en principe de modifier les octets E et E+1 pour que le BASIC puisse utiliser un autre vocabulaire (à créer).

## 5. Tables des adresses

Le programme 5 permet de trouver dans le BASIC (ligne 41Ø à modifier) l'adresse F du début de la table des adresses des instructions.

On disposera alors déjà de toutes les adresses de traitement des instructions du BASIC, que l'on pourra donc étudier.

## 6. Recherche des octets contenant l'adresse de la table

Le programme 4 permet de trouver dans le BASIC et dans la RAM la valeur F (si on ne la trouve pas, on cherchera une valeur comprise entre F-d et F+d, avec d=1Ø par exemple) ; on obtient une ou plusieurs adresses G ($38AC et $62Ø4 pour le TO7).

## 7. Routine de traitement des instructions

On examinera les octets situés "autour" de chaque adresse G trouvée à l'étape précédente.

S'ils contiennent pour une de ces adresses le calcul de : x=(F±d) + (C-CØ) *2 (d pouvant être éventuellement différent de Ø, et CØ étant le plus petit code d'instruction BASIC, c'est-à-dire en principe toujours &H8Ø), on a trouvé la routine de traitement des instructions ; on va donc directement à l'étape suivante.

Si l'on ne trouve pas le calcul précédent, le programme 4 permet de trouver la (ou les) valeur G précédentes dans la mémoire (ligne 31Ø à modifier) ; on obtient donc une ou plusieurs adresses H (si l'on ne trouve aucune adresse contenant G, on cherchera en modifiant la ligne 36Ø une valeur comprise entre G-I et G+I).

Pour les TO7 par exemple, on obtient la seule adresse $2B36.

On doit forcément trouver alors "autour" d'une de ces adresses H le calcul de :

y=([G] ± d) + (C-CØ) * 2

ce qui correspond à la routine de traitement des instructions ([G] désigne le contenu de la mémoire d'adresse G, c'est-à-dire F).

## 8. Boucle d'exécution des programmes

Elle est en principe toujours située juste avant la routine de traitement des instructions (si ce n'est pas le cas, on cherchera dans le BASIC l'appel de cette routine, grâce au programme 1).

## 9. Les routines fondamentales

L'étude de l'instruction d'affectation donnera enfin l'adresse des routines de recherche d'une variable, de traitement d'un opérande (qui traite elle même les fonctions) et du calcul d'une expression (où l'on trouvera le traitement des opérateurs).

Ceci terminera le décodage de l'interpréteur et ouvrira la porte aux applications...

## Troisième partie

# MODIFIER ET COMPLETER LE BASIC

Nous avons vu que les adresses des principales tables du BASIC TO7 sont situées dans la RAM, et donc modifiables.

De même, beaucoup de routines ($A48, $77Ø, etc...) "passent" par la RAM, par exemple en appelant un sous-programme constitué d'un simple RTS (situé entre $626D et $62A8); ces routines pourront donc être déroutées.

On pourra donc appliquer facilement, bien sûr après adaptation, les modifications que nous allons envisager à tous les micro-ordinateurs dont l'interpréteur remplit les mêmes conditions, ce qui est le cas le plus fréquent; signalons d'ailleurs pour ceux dont le BASIC est entièrement figé en ROM que nous verrons dans la quatrième partie comment intervenir tout de même sur le fonctionnement de l'interpréteur.

Après avoir présenté tout d'abord une "récréation" consistant à remplacer le BASIC d'origine par un BASIC entièrement francisé, nous décrivons la réalisation de deux compléments classiques et utiles n'existant pas sur les TO7 : conversions radiants-degrés et boucle WHILE-WEND.

Nous donnons ensuite une méthode générale permettant de créer de nouvelles instructions, que l'on pourra utiliser exactement comme les instructions initiales.

Nous appliquons tout d'abord ceci pour créer les deux instructions INC et SWAP d'incrémentation rapide et de permutation de variables.

Nous décrivons ensuite la réalisation de deux idées originales, du moins pour les TO7, c'est-à-dire la création de sous-programmes à variables locales (ce qui supprime un des plus graves défauts du langage BASIC classique), et surtout l'utilisation de "SPRITES" (objets programmables mobiles), qui comblera le principal manque du BASIC TO7 en matière de graphismes.

Signalons enfin que notre but ici n'est pas de donner toutes les modifications possibles, ou de recréer par exemple le BASIC disque ! les modifications présentées nous ont semblée à la fois les plus utiles et les plus "pédagogiques" ; il appartiendra au lecteur d'en imaginer et d'en réaliser d'autres, chose parfaitement possible à partir du moment où l'on connaît bien son interpréteur...

# 1

# Créer et utiliser un BASIC français

On a vu qu'il suffit de modifier le contenu des 6 octets situés en $62Ø1 et $62Ø6 pour pouvoir utiliser respectivement des noms d'instructions et de fonctions différents de ceux d'origine.

On peut bien sûr en profiter pour créer un vocabulaire français simplifié, qui facilitera beaucoup l'apprentissage de la programmation, par exemple à de jeunes enfants : EFFACE ou DEMANDE seront compris et mémorisés plus facilement que CLS ou INPUT, et DEFDBL ou HEX$ ne sont sans doute pas indispensables pour un débutant !

## *I. Création du nouveau vocabulaire*

Nous proposons le programme suivant, créant un sous-ensemble français déjà très complet des instructions et fonctions BASIC les plus courantes.

```
10 REM     BASIC francais
20 CLEAR,&H7D00
25 '
30 '.......Table des instructions......
40 C0=&H80:C1=&HD5:ADR=&H7D20:GO SUB 200
45 '
50 '.......Table des fonctions.........
60 C0=&H80:C1=&HA6:ADR=&H7F00:GO SUB 200
70 POKE ADR,0
95  '
100 'Initialisations(voir Plus loin)
150 END
195 '
200 '.......Creation d'une table.......
210 FOR NUM=C0 TO C1
220 READ A$
230 FOR K=1 TO LEN(A$)-1
240 CODE=ASC(MID$(A$,K))
250 POKE ADR,CODE:ADR=HDR+1:NEXT
295 '
300 'Derniere lettre ou mots inutilises
310 CODE=ASC(RIGHT$(A$,1))+&H80:K=1
320 IF VAL(A$)<>0 THEN K=VAL(A$):CODE=&HFF:NUM=NUM+K-1
330 FOR L=1 TO K
340 POKE ADR,CODE:ADR=ADR+1:NEXT
350 NEXT NUM:RETURN
595 '
600 'Vocabulaire...
610 DATA FIN,REPETE,ENCORE,DONNEES,TABLEAU,CHERCHE,FAIS
,VA,DEMARRE,"SI ",RESTAURE,REVIENS,REMARQUE,',ARRETE,SI
NON,6,SELON,4
620 DATA ENLEVE,CURSEUR,EFFACE,1,DESSINE,2,EXECUTE,SONN
E,COULEUR,TRAIT,BOITE,3,GARNIS,ECRIS,CONTINUE,LISTE,RES
ERVE,2,NETTOIE,COPIE,CHARGE,3,REGARDE,STYLO,JOUE
630 DATA COLONNE(,JUSQUA,FAIRE,7,ALORS,1,PAR,+,-,*,/,^,
ET,OU,5,>,=,<
640 DATA SIGNE,1,ABS,LIBRE,RACINE,6,LONGUEUR,1,VAL,ASC,
CARACT$,1,ENTIER,5,MANETTE,BOUTON,1,GAUCHE$,DROITE$,EXT
RAIT$,2,HASARD,CLAVIER$,DEMANDE,1,POINT,ECRAN,2
```

Nous donnons, ci-après, un petit programme donnant la table de traduction; les principales instructions sont (un terme placé entre crochets est facultatif) :

- REPETE variable = X JUSQU'A Y [PAR Z]

  .
  .
  .
  ENCORE [variable] (FOR...TO...STEP; NEXT)
- SI expression ALORS...SINON...(IF...THEN...ELSE...)
- VA FAIRE numéro
  .
  .
  .
  .
  REVIENS (GOSUB;RETURN)
- VA JUSQUA numéro (GOTO)

REMARQUE 1 : Les chiffres dans les DATA représentent le nombre de mots consécutifs que l'on supprime; ils permettent d'obtenir les codes corrects pour nos mots-clés.

REMARQUE 2 : Il est bien sûr possible de compléter le vocabulaire donné ici, ou d'utiliser des mots différents; il suffira pour celà de modifier les DATA.

Il faudra toutefois alors prendre garde à ne jamais réemployer comme premières lettres d'un mot un mot déjà défini, de code inférieur.

Par exemple, si l'on emploie LIS pour traduire READ, le mot LISTE (LIST) sera compris comme LIS TE (READ TE), d'où une erreur.

Ceci explique aussi que l'on ajoute dans la table un espace après SI (à cause de SINON), qu'il sera donc obligatoire de toujours écrire.

## II. Initialisation-utilisation

### 1. Sous-programmes d'initialisation

Pour rendre notre vocabulaire opérationnel, il suffit de changer les adresses des tables, ce qui sera fait automatiquement par la routine suivante:

```
INITFR      CC,7D20     LDD     # $7D20
            FD,6202     STD     $6202      Table des instruct.
            CC,7F00     LDD     # $7F00
            FD,6207     STD     $6207      Table des fonctions
            39          RTS
```

Un simple EXEC INITFR rendra donc votre vocabulaire opérationnel.

On peut aussi souhaiter revenir à un moment donné au vocabulaire normal ; ceci sera fait par la routine suivante :

```
INITANG     CC,0092     LDD     # $092
            FD,6202     STD     $6202
            CC,01CF     LDD     # $1CF
            FD,6207     STD     $6207
            39          RTS
```

Pour implanter ces deux routines (respectivement en $7D01 et $7D11, où l'on a réservé 31 octets), on reprendra le programme BASIC précédent, dans lequel on ajoutera (voir 1ere partie) :

```
100 '......S.P. d'initialisation.......
110 FOR K=&H7D01 TO &H7D1D
120 READ A$:POKE K,VAL("&H"+A$):NEXT
895 '
900 'Initialisations...
910 DATA CC,7D,20,FD,62,2,CC,7F,0,FD,62,7,39,12,12,12
920 DATA CC,0,92,FD,62,2,CC,1,CF,FD,62,7,39
```

REMARQUE : Les pointeurs $6202 et $6207 peuvent bien sûr aussi être initialisés par des POKE.

## 2. Utilisation

Après avoir fait exécuter le programme BASIC précédent complété par les instructions ci-dessus, on enregistrera sur cassette les octets de $7D01 à $7FFF ; on fera pour celà, *une fois pour toutes* :

```
SAVEM "FRANÇAIS", &H7D01, &H7FFF, 0
```

Lorsqu'on voudra travailler en français, il suffira donc de lire la cassette (6 secondes de lecture seulement) par :

LOADM "FRANÇAIS"

on fera ensuite, par exemple en mode direct :

CLEAR, &H7DØØ: EXEC &H7DØ1

on disposera alors de tous les mots-clés français pour écrire son propre programme.

On peut noter qu'un programme écrit normalement sera traduit automatiquement en français par ce procédé, lorsqu'on demandera LISTE !

De même, un programme écrit en BASIC français sera traduit automatiquement en BASIC normal par EXECUTE &H7D11:LIST.

A titre d'exemple, après avoir fait exécuter le programme BASIC précédent et fait EXEC &H7DØ1, vous aurez la surprise de voir ce programme listé par la commande LISTE sous la forme suivante :

```
10 REMARQUE    BASIC francais
20 RESERVE,&H7D00
25 '
30 '.......Table des instructions......
40 C0=&H80:C1=&HD5:ADR=&H7D20:VA FAIRE 200
45 '
50 '.......Table des fonctions.........
60 C0=&H80:C1=&HA6:ADR=&H7F00:VA FAIRE 200
70 GARNIS ADR,0
95  '
100 '......S.P. d'initialisation.......
110 REPETE K=&H7D01 JUSQUA &H7D1D
120 CHERCHE A$:GARNIS K,VAL("&H"+A$):ENCORE
150 FIN
195 '
200 '.......Creation d'une table.......
210 REPETE NUM=C0 JUSQUA C1
220 CHERCHE A$
230 REPETE K=1 JUSQUA LONGUEUR(A$)-1
240 CODE=ASC(EXTRAIT$(A$,K))
250 GARNIS ADR,CODE:ADR=ADR+1:ENCORE
295 '
300 'Derniere lettre ou mots inutilises
310 CODE=ASC(DROITE$(A$,1))+&H80:K=1
320 SI  VAL(A$)<>0 ALORS K=VAL(A$):CODE=&HFF:NUM=NUM+K-
1
325 'etc...
```

## III. Table de traduction

Elle est obtenue par un petit programme BASIC, qui liste les mots français et anglais correspondants :

```
FIN         :END
ENCORE      :NEXT
TABLEAU     :DIM
FAIS        :LET
DEMARRE     :RUN
RESTAURE    :RESTORE
REMARQUE    :REM
ARRETE      :STOP
SELON       :ON
CURSEUR     :LOCATE
DESSINE     :PSET
SONNE       :BEEP
TRAIT       :LINE
GARNIS      :POKE
CONTINUE    :CONT
RESERVE     :CLEAR
COPIE       :SAVE
REGARDE     :INPEN
JOUE        :PLAY
JUSQUA      :TO
ALORS       :THEN
+           :+
*           :*
^           :^
OU          :OR
=           :=
SIGNE       :SGN
LIBRE       :FRE
LONGUEUR    :LEN
ASC         :ASC
ENTIER      :CINT
BOUTON      :STRIG
DROITE$     :RIGHT$
HASARD      :RND
DEMANDE     :INPUT
ECRAN       :SCREEN
REPETE      :FOR
DONNEES     :DATA
CHERCHE     :READ
VA          :GO
SI          :IF
REVIENS     :RETURN
'           :'
SINON       :ELSE
ENLEVE      :DELETE
EFFACE      :CLS
EXECUTE     :EXEC
COULEUR     :COLOR
BOITE       :BOX
ECRIS       :PRINT
LISTE       :LIST
NETTOIE     :NEW
CHARGE      :LOAD
STYLO       :PEN
COLONNE(    :TAB(
FAIRE       :SUB
PAR         :STEP
-           :-
/           :/
ET          :AND
>           :>
<           :<
ABS         :ABS
RACINE      :SQR
VAL         :VAL
CARACT$     :CHR$
MANETTE     :STICK
GAUCHE$     :LEFT$
EXTRAIT$    :MID$
CLAVIER$    :INKEY$
POINT       :POINT
```

# 2

# Créer de nouvelles fonctions

Nous présentons ici une méthode générale permettant de créer à partir du BASIC de nouvelles fonctions, que l'on pourra ensuite utiliser exactement comme les fonctions disponibles au départ.

## *I. Principe de la méthode*

On pourrait appliquer ici la méthode que nous décrirons en détail au chapitre 4 et qui nous servira à définir de nouvelles instructions.

Nous avons vu en effet, lors de l'étude du traitement des fonctions, qu'un code supérieur à &HFFA6 provoque le branchement à l'adresse située en &6213 (normalement $7F3, d'où un "SN Error"); si l'on ajoute donc de nouveaux noms de fonctions à la fin de la table des mots-clés, il suffit de placer la valeur $\alpha$ en $6213 pour que l'interpréteur se déroute en $\alpha$ en rencontrant une nouvelle fonction; le traitement serait donc écrit en $\alpha$.

Cette méthode est la meilleure lorsqu'on doit créer un nombre relativement grand (par exemple 5 ou 6) de fonctions nouvelles.

Dans le cas contraire, il est beaucoup plus simple d'utiliser le fait que le BASIC décode comme on l'a vu le mot-clé FN (correspondant normalement à des "fonctions utilisateurs"), traité en $623C (le "traitement" consistant en un JMP $7F3 qui provoque un "SN Error").

On placera donc simplement en $623C une instruction JMP α qui provoquera le déroutement de l'interpréteur à chaque rencontre d'un nom de fonction commençant par FN ; les traitements correspondants seront bien entendu implantés en α.

REMARQUE : Nous verrons au chapitre IV que l'instruction placée en $623C n'est utilisée que par FN ; nous ne perturberons donc pas le fonctionnement de l'interpréteur en la modifiant.

# *II. Exemples d'applications*

## 1. Conversions radiants-degrés

Le principe décrit ci-dessus va être appliqué à la création des deux fonctions suivantes, absentes du BASIC TO7 :

— FNR(X) : renvoie la valeur réelle exprimée en radiants correspondant à la valeur de l'argument X exprimé en degrés ;

— FND(X) : fonction inverse de la précédente ; elle convertit la valeur de l'argument X exprimé en radiants en une valeur exprimée en degrés.

Il est évident que les routines données ci-après utilisent au maximum les routines de l'interpréteur, par exemple pour vérifier la syntaxe et calculer l'argument ($7DE), puis le convertir en réel ($252B=CSNG) et l'envoyer dans le second accumulateur flottant situé en $6163 ($1C81).

Nous utilisons aussi bien sûr, les routines de traitement des opérateurs * et /, situées respectivement en $25B6 et $92Ø ; rappelons que notre étude de l'interpréteur nous a montré que ces routines doivent être appelées pour des arguments réels avec le premier opérande placé dans le second accumulateur flottant et le second opérande dans l'accumulateur flottant "normal" situé en $6155 (on peut d'ailleurs remarquer qu'il faut faire l'inverse pour des arguments entiers : voir $87A).

Le traitement des deux fonctions est donc le suivant·

```
BA40    9D    B2      JSR    $B2        R ou D
BA42    34    02      PSHS   A
BA44    9D    B2      JSR    $B2        Pointe sur "("
BA46    BD    07DE    JSR    $07DE      Argument → AC flottant
BA49    BD    252B    JSR    $252B      Conversion en réel
BA4C    BD    1C81    JSR    $1C81      AC flottant → $6163
BA4F    CC    7B8E    LDD    #$7B8E     Début π/180
BA52    DD    55      STD    $55
BA54    F     5D      CLR    $5D        Signe +
BA56    CC    FA35    LDD    #$FA35     Fin π/180
BA59    DD    57      STD    $57
BA5B    35    02      PULS   A          R ou D?
BA5D    81    52      CMPA   #$52       Code de "R"
BA5F    26    03      BNE    $BA64      D?
BA61    7E    25B6    JMP    $25B6      Traite * et RTS
BA64    81    44      CMPA   #$44       Code de "D"
BA66    26    03      BNE    $BA6B      Ni R, ni D
BA68    7E    0920    JMP    $0920      Traite / et RTS
BA6B    7E    07F3    JMP    $07F3      SN Error
```

REMARQUE : Les 2ᵉ et 3ᵉ colonnes représentent le code objet, à implanter en mémoire ; il a été bien sûr facilement établi "à la main", à partir des tableaux que l'on trouvera en annexe, donnant les codes des instructions et les parties adresses de certaines opérations particulières (adressages relatifs ou indexés, PSHS, TFR, etc...).

## 2. D'autres idées

Toujours comme fonctions de calcul, on pourrait écrire facilement une fonction "Arc tangente" (formule donnée dans le manuel de référence BASIC), ou une fonction "affine" rapide : FNA (a,b,X) calculerait automatiquement aX+b, environ deux fois plus rapidement que par a * X + b : voir pour celà INC, au chapitre V ; SQR étant très lent, on pourrait encore créer une fonction "racine carrée entière", par exemple à partir de l'algorithme du chapitre 3.

On pourrait aussi créer une fonction (souvent appelée DEEK) retournant la valeur contenue dans les deux octets situés à l'adresse spécifiée par l'argument, ou retournant la plus grande (ou la plus petite) valeur d'un couple d'arguments, ou encore recherchant l'occurrence d'une valeur dans un

tableau numérique ou alphanumérique : FNO (Nom de tableau, valeur) retournerait le rang où se situe la valeur, ou —1 par exemple.

Toutes ces fonctions peuvent être bien entendu écrites en BASIC, par exemple par 256 * PEEK(I) + PEEK(I+1) pour DEEK ; les écrire une fois pour toutes en langage machine et les obtenir par FNx est évidemment ensuite beaucoup plus simple et beaucoup plus rapide à l'exécution !

## III. Création des nouvelles fonctions

On pourrait bien sûr implanter la routine précédente comme on l'a fait au chapitre I pour les sous-programmes d'initialisation (lignes 11Ø et 12Ø) ; l'adresse d'implantation serait alors placée en $623D par deux POKE.

Nous préférons donner le programme suivant, qui permet de ranger à des adresses quelconques de la mémoire un nombre lui-même quelconque de routines écrites en langage machine, et celà comme nous allons le voir de la manière la plus rapide, la plus souple et la plus "lisible" possible.

Ce programme sera utilisé pour toutes les applications à suivre (nous le complèterons au chapitre IV pour créer de nouveaux mots-clés), en respectant à chaque fois la procédure suivante :

— chaque routine sera écrite en DATA, à partir de la ligne 2ØØØ, les valeurs hexadécimales du code objet, toujours écrites sans &H pour une commodité maximale, seront précédées de l'adresse d'implantation de la routine, qui devra elle être écrite avec &H (évitant ainsi toute confusion ou oubli) ;

— pour faciliter la relecture et les corrections éventuelles, les codes hexadécimaux pourront être regroupés par 2 ou 3 par exemple ; on pourra donc traduire :

- JMP $25B6 par 73,25B6 ou 7325B6
- l'adresse $7F3 indifféremment par 7F3 ou Ø7F3
- la valeur #$ØØØ1 (2 octets) par ØØ1 ou ØØØ1 (pas Ø1 bien sûr, qui n'occuperait qu'un octet).

— le premier DATA de chaque routine commencera par un mot (guillemets inutiles) identifiant la routine, qui précèdera donc l'adresse d'implantation et les codes ;

— la liste des codes de chaque routine sera terminée par une phrase commençant par FIN ("FIN fonctions" par exemple).

***Exemple:*** Nous écrirons donc ici :

```
2000 DATA Fonctions, &HBA40,9D,B2,34,2,9D,B2
,BD,7DE,....,7E,7F3,FIN Fonctions
```

(l'adresse BA4Ø sera bien entendu remplacée par 7A4Ø si l'on ne dispose pas de l'extension mémoire, ou par $DA4Ø pour le TO7-7Ø).

— la dernière routine sera suivie d'un DATA contenant une phrase commençant par FIN ("FIN des routines", par exemple), qui arrêtera le programme ;

— enfin, ces nouvelles routines doivent toujours être activées par un sous-programme d'initialisation, dont le DATA sera placé en premier (en 17ØØ) et écrit exactement de la même manière.

Dans le cas de nos fonctions FNx, le sous-programme est simplement :

```
INITF    CC,BA40    LDD    #$adr.    Début routine
         FD,623D    STD    $623D
         39         RTS
```

Le programme complet est donc le suivant :

```
1000 REM   Creation de routines
1010 CLEAR,&HBA00        '...ou 7A00(TO7) ou DA00(TO7-70)
1020 DEB=256*PEEK(&H612A)+PEEK(&H612B)+2:FIN=256*PEEK(&
H65AC)+PEEK(&H65AD)+1:ADR0=DEB
1030 READ NOM$:IF LEFT$(NOM$,3)="FIN" GOTO1300
1040 READ ADR   'Adresse d'implantation
1050 IF ADR<ADR0 OR ADR>FIN THEN PRINT"ERREUR D'ADRESSE
...":END
1060 PRINT "ROUTINE ";NOM$
1070 PRINT" Debut:";HEX$(ADR),
1095 '
1100 'Lecture et rangement d'une routine
1110 S=0:FOR I=ADR TO FIN
1120 READ A$:L=LEN(A$):IF LEFT$(A$,3)="FIN" GOTO 1200
1130 IFL<=2 GOTO1160
1140 K=2-L MOD 2:V=VAL("&H"+LEFT$(A$,K)):POKE I,V:S=S+V
:I=I+1
1150 L=L-K:A$=RIGHT$(A$,L):GOTO1130
1160 V=VAL("&H"+A$):S=S+V:POKE I,V:NEXT
1200 PRINT"  Fin:";HEX$(I-1),
1210 PRINT" Somme";S
1220 PRINT:ADR0=I
```

```
1230 GOTO1030           'Routine suivante
1300 '
1595 '
1600 '..............Termine.............
1610 PRINT " Implantation terminee...":PRINT" Enregistr
er de ";HEX$(DEB);" a ";HEX$(ADR0-1);" (Par SAVEM)":END
```

Dans le cas des fonctions, les DATA sont les suivants:

```
1690 '
1695 '.......Initialisation............
1700 DATA Initialisation,&HBA01,CC,BA40,FD,623D,39,FIN
1990 '
1995 'Routines
2000 DATA Fonctions,&HBA40,9D,B2,34,2,9D,B2,BD,7DE,BD,2
52B,BD,1C81,CC,7B8E,DD,55,F,5D,CC,FA35,DD,57,35,2,81,52
,26,3,7E,25B6,81,44,26,3,7E,920,7E,7F3,FIN
2950 DATA FIN des routines
```

REMARQUE: On constaiera que le programme vérifie systématiquement toutes les adresses, évitant ainsi tout recouvrement ou écriture dans une zone protégée ou inexistante (celà grâce aux adresses contenues en $612A et $65F5: voir annexes) On notera aussi que le programme calcule une somme de contrôle permettant de vérifier les DATA; on doit avoir ici *4888* pour la routine "Fonctions".

# IV. Utilisation du programme de création

## 1. Quelques conseils

A chaque utilisation du programme précédent pour créer une routine quelconque, il faudra toujours sauver le programme avec ses DATA *avant* toute exécution du sous-programme d'initialisation; une erreur dans celui-ci ou dans la routine "planterait" en effet la machine, obligeant dans la plupart des cas à couper le courant...

On pourra alors écrire en début de programme (lignes 1 à 999) les instructions BASIC permettant de tester la routine, après avoir fait exécuter le sous-programme d'initialisation (par EXEC &HBAØ1 ici).

Rappelons que pour la mise au point d'une nouvelle routine, il est bien sûr possible d'utiliser le désassembleur pour vérifier que les codes sont corrects ; on pourra aussi par exemple intercaler au milieu un ou plusieurs appels de la routine $1ED1, qui écrit (en décimal) la valeur (convertible en hexadécimal par HEX$), placée dans l'accumulateur D du 68Ø9 (et place la valeur 3 dans $61Ø5) ; on pourra ainsi facilement vérifier le contenu des registres (par TFR registre, D) ou de certaines mémoires.

Rappelons aussi qu'un JMP $2AED provoquera le retour au BASIC, permettant par exemple de vérifier la pile (adresse du sommet : PEEK (&H618C) * 256 + PEEK (&H618D)).

On peut aussi utiliser l'instruction SWI pour créer des arrêts sur adresse : voir 1ere partie.

Enfin, on fera bien entendu ré-exécuter le programme de création après toute modification dans les DATA, afin de modifier effectivement la routine en mémoire !

## 2. Utilisation des nouvelles routines

Le programme de création signale à la fin de l'exécution la zone de mémoire à enregistrer en binaire, ce qu'on fera *une fois pour toutes* par :

```
SAVEM "Nom",&HAdresse 1,&HAdresse 2,Ø
```

Dans notre cas, "Adresse 1" ($BAØ1 ici) est l'adresse du sous-programme d'initialisation ; pour pouvoir utiliser les nouvelles fonctions dans un programme BASIC, il suffit donc de faire lire le programme binaire "Nom" par : LOADM "Nom" (ce qui ne demande que quelques secondes), puis de faire exécuter l'instruction :

```
CLEAR,&HAdresse 1    1: EXEC &HAdresse 1
```

Ceci activera les nouvelles fonctions.

### 3. Exemple: FNR et FND

Avec notre routine, on pourra écrire par exemple:

```
100 X=180:PRINT X;"degres =";FNR(X);"radiants"
110 X=73:PRINT " VERIF. ";X;"degres =";FND(FNR(X));"deg
res"
120 END
```

On obtient bien sûr:

```
180 degres = 3.14159 radiants
VERIF.  73 degres = 73 degres
```

REMARQUE: Les calculs sont en fait effectués avec la valeur $\pi$ = 3.1415927, exacte à mieux que $10^{-7}$ près.

# 3

# Boucle WHILE... WEND

Les deux instructions WHILE et WEND permettent de boucler sur une séquence d'instructions *tant qu'*une certaine condition, écrite après le WHILE, est réalisée : lorsqu'elle ne l'est plus, il y a branchement à l'instruction qui suit le WEND.

Ceci permet donc de réaliser des boucles différentes de celles contrôlées par FOR et NEXT : leur principal intérêt est de permettre une bonne structuration des programmes, cette notion étant comme on le sait fondamentale en programmation ; elle facilite en effet énormément l'écriture, la mise au point et les modifications ultérieures d'un programme.

Signalons d'ailleurs que la possibilité d'écrire des sous-programmes à variables locales, que nous verrons au chapitre VI, constitue un autre élément très important de la programmation structurée.

# I. Principe de création d'une boucle WHILE

La routine correspondante, dont le principe est proche de celui d'une boucle FOR, utilise la routine $16AC qui trouve dans tous les cas le WEND associé au WHILE (voir la 2^e^ partie).

Lors du traitement de WHILE, on empile donc sucessivement :

— l'adresse du caractère qui suit le WHILE,

— le numéro de la ligne du WHILE (ces deux informations permettant de se repositionner au retour du WEND),

— l'adresse du caractère qui suit le WEND associé,

— la valeur &HAF, c'est-à-dire le code de WHILE (ceci rend notre routine compatible avec la routine $2F3, appelée par FOR et GOSUB).

On appelle ensuite la routine de traitement du WEND, qui teste la condition ; la boucle ne sera donc exécutée que si celle-ci est vraie.

Le traitement de WEND consiste essentiellement à tester la condition de contrôle de la boucle :

— si elle est vraie, on se repositionne au début de la boucle et on fait un JMP $2AED qui provoque l'exécution des instructions correspondantes (voir 2^e^ partie),

— si elle est fausse, on reste positionné après le WEND, on dépile les 7 octets empilés par le WHILE et on fait encore JMP $2AED.

Enfin, les deux routines correspondant à WHILE et WEND seront activées par un sous-programme d'initialisation modifiant $6233 (WHILE) et $6236 (WEND), contenant initialement une instruction JMP $7F3 (SN Error) correspondant au "traitement" de WHILE et WEND.

Signalons que nos routines permettent certaines "libertés" d'une boucle FOR, c'est-à-dire les boucles imbriquées et l'écriture éventuelle du WEND après un THEN ou un ELSE.

Toutefois, en cas de boucles imbriquées, les sorties anormales (qui ne passent pas par le WEND, à cause d'un IF ou d'un GOTO) sont volontairement interdites (on aura un WE Error), ceci d'une part parce que la condition de sortie correspondante peut être en principe ajoutée à la condition de contrôle et d'autre part parce que ceci n'a pas de raison d'être dans des programmes structurés !

Pour la même raison, nous n'avons pas prévu ici de dépilement en cas de sortie anormale (alors que c'est le cas pour FOR, comme on l'a vu dans la seconde partie), qui reste toutefois autorisée pour une boucle simple.

REMARQUE : Si l'on voulait réaliser une boucle REPEAT... UNTIL condition (répéter... jusqu'à ce que condition ; cette boucle est toujours décrite au moins une fois), le principe à utiliser serait pratiquement le même que celui donné ci-dessus.

## *II. Les routines-initialisation*

Les routines correspondant à WHILE et WEND (enchaînées, comme on va le voir) seront bien sûr implantées par le programme de création précédent.

Le sous-programme d'initialisation est ici le suivant :

```
INITW    CC,BA7Ø   LDD    # $adr.     Adresse routine
         FD,6234   STD    $6234       Adr. trait. WHILE
         C3,Ø1E    ADDD   # $ØØ1E     3Ø octets pour WHILE
         FD,6237   STD    $6237       Adr. trait. WEND
         39        RTS
```

Si l'on désire donc par exemple implanter simultanément les fonctions précédentes (en $BA4Ø toujours) et le traitement de WHILE en $BA7Ø, on enlèvera ",39,FIN" de 17ØØ et on ajoutera :

```
1710 DATA CC,BA7Ø,FD,6234,C3,Ø1E,FD,6237,39,FIN
```

La routine proprement dite sera ensuite écrite en 21ØØ et 211Ø, sous la forme :

```
21ØØ DATA WHILE-WEND,&HBA7Ø,codes,FIN
```

Le listing est le suivant :

```
BA7Ø    32    62      LEAS   2,S       reinitialise pile
BA72    C6    Ø4      LDB    #$Ø4      2 · 4 octets à empiler
BA74    BD    Ø336    JSR    $Ø336     Débordement ?
BA77    DE    B9      LDU    $B9       Caract. après WHILE
BA79    9E    2C      LDX    $2C       N° ligne du WHILE
BA7B    34    5Ø      PSHS   X,U       Empilement
BA7D    BD    16AC    JSR    $16AC     Trouve le bon WEND
```

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| BA80 | 9E | 78 | LDX | $78 | N° ligne du WEND |
| BA82 | 9F | 2C | STX | $2C | |
| BA84 | 9D | B2 | JSR | $B2 | Caract. après WEND |
| BA86 | DE | B9 | LDU | $B9 | Adresse caractère |
| BA88 | 86 | AF | LDA | #$AF | Code de WHILE |
| BA8A | 34 | 42 | PSHS | A,U | Empilement |
| BA8C | 8D | 00 | BSR | $BA8E | *WEND* |
| BA8E | 32 | 62 | LEAS | 2,S | Enlève adr. retour |
| BA90 | AE | 61 | LDX | 1,S | Adr.car. après WEND → X |
| BA92 | 9C | B9 | CMPX | $B9 | Est-ce le même ? |
| BA94 | 27 | 05 | BEQ | $BA9B | Oui |
| BA96 | C6 | 19 | LDB | #$19 | Non ⇒ erreur |
| BA98 | 7E | 0353 | JMP | $0353 | WE Error |
| BA9B | AE | 65 | LDX | 5,S | Caract. après WHILE |
| BA9D | 9F | B9 | STX | $B9 | On se repositionne |
| BA9F | BD | 081A | JSR | $081A | Calcul condition |
| BAA2 | BD | 1CC8 | JSR | $1CC8 | Faux ⇔ Z=1(Z=Øsinon) |
| BAA5 | 27 | 07 | BEQ | $BAAE | Faux ⇒ terminé |
| BAA7 | AE | 63 | LDX | 3,S | N° ligne du WHILE |
| BAA9 | 9F | 2C | STX | $2C | |
| BAAB | 7E | 2AED | JMP | $2AED | Exécution boucle |
| BAAE | AE | 61 | LDX | 1,S | Caract. après WEND |
| BAB0 | 32 | 67 | LEAS | 7,S | Dépilement |
| BAB2 | 7E | 1669 | JMP | $1669 | STX $B9,JMP $2AED |

REMARQUE : On doit obtenir ici 7613 comme somme de contrôle.

## *III. Exemple d'utilisation*

On fera bien sûr exécuter le programme de création et on enregistrera le résultat une fois pour toutes sur cassette (par SAVEM "Nom", &HBAØ1, &HBAB4,Ø).

Lorsqu'on voudra utiliser une boucle WHILE, il suffira donc de faire lire notre routine (par LOADM "Nom").

On pourra alors par exemple écrire le programme suivant :

```
10 CLEAR,&HBA00:EXEC&HBA01
20 'Calcul de racine carree entiere
30 X=15913
```

```
40 R=10:WHILE R*R<X:R=R+10:WEND
50 'On a atteint ou dePasse la racine
60 WHILE R*R>X:R=R-1:WEND
70 PRINT" Racine de";X;"=";R
```

On obtient bien sûr 126, ce programme ayant pour seule ambition de montrer la logique (et la clarté !) d'une boucle WHILE.

On notera quand même que cet algorithme élémentaire traduit en langage machine calculerait des racines entières beaucoup plus rapidement que SQR ; on pourrait donc l'utiliser par exemple pour créer une instruction de tracé de cercle.

# 4

# Création et utilisation de nouvelles instructions

Nous nous intéressons ici à la création d'instructions nouvelles, non décodées par le BASIC comme l'étaient FN, WHILE et WEND.

Les routines correspondantes seront étudiées dans les chapitres suivants.

## *I. Principe de la méthode*

La méthode la plus simple consiste à ajouter les nouveaux mots à la fin de la table des fonctions (qui contient déjà les *instructions* MID$, INPUT et SCREEN) ; celle-ci sera donc recopiée dans la RAM, et les nouveaux mots ajoutés ensuite.

Ces mots écrits dans un programme seront alors automatiquement codés par &HFFA7, FFA8, etc... ; lors de l'exécution du programme, la routine $2B25 de traitement des instructions branchera donc en $6273 (voir 2e partie), où l'on écrira une instruction JMP adresse.

En "adresse", il suffira finalement d'écrire une routine de branchement vers les traitements des nouvelles instructions ; on utilisera pour celà une table des nouvelles adresses.

REMARQUE 1 : Il faut être sûr de ne pas modifier le fonctionnement du BASIC en changeant les octets $6273 à $6275.
On reprend donc le programme 1 de la 2e partie, en modifiant la ligne 4Ø pour obtenir toutes les valeurs comprises entre &H6273 et &H6275 (...IF PEEK(I+1) ⩾ &H72 AND PEEK(I+1) ⩽ &H76 THEN...).
On obtient seulement $2B62, contenant JMP $6273 ; $6273 contient lui-même RTS, suivi donc de deux octets inemployés. Nous pouvons donc modifier ces 3 octets.

REMARQUE 2 : Le même programme cherchant toutes les valeurs de & H626D à H62A8 (points de contrôle de diverses routines : voir annexes) permet de trouver de même toutes les utilisations des octets correspondants (contenant 2Ø fois les trois valeurs &H39 (RTS), 2E et 74).
On constate que les seules instructions utilisant une de ces adresses sont toutes de la forme :
JSR (ou JMP) $626D+3x, avec x=Ø,1..., 19
Elles pointent donc toutes sur un RTS, les deux octets suivants étant inutilisés ; de plus, chacune de ces adresses n'est utilisée qu'en un seul endroit de l'interpréteur.
Ceci nous autorisera à mettre en œuvre les modifications de la quatrième partie de notre ouvrage.
Signalons enfin que le même contrôle appliqué aux octets de $6233 à 623E (WHILE, WEND, DEFFN (voir DEF, en $18Ø1) et FN) aboutit à la même conclusion, ce qui justifie à postériori les interventions des chapitres II et III.

## II. Mise en œuvre de la méthode

La méthode que nous venons de décrire sera bien sûr mise en œuvre grâce au programme de création, complété comme nous allons l'indiquer ; la nouvelle table des noms de fonctions et la table des adresses des nouvelles instructions seront alors créées automatiquement, et celà encore une fois de la manière la plus souple possible.

## 1. Branchement au traitement des nouvelles instructions

Lors de l'exécution d'un programme utilisant les nouvelles instructions, le branchement aux différentes routines s'effectue grâce à un petit sous-programme, placé juste après celui d'initialisation ; ce sous-programme utilise une table des adresses des nouvelles instructions (placée en ADRA), exactement comme le fait la routine $2B25 (d'où l'utilisation de $2B38 : voir 2e partie).

Cette table des nouvelles adresses sera suivie elle-même de la nouvelle table des noms de fonctions, placée par exemple ici 24 octets plus loin, ce qui permet la création de 12 instructions nouvelles.

Les sous-programme de branchement est donc le suivant :

```
BRAN     8E,BFØ1    LDX     # ADRA   Adr. table des adr.
         8Ø,A7      SUBA    # $A7    xe mot ⇒(x–1) → A
         2A,3       BPL     Ø3       Nouveau mot
         7E,7F3     JMP     $7F3     SN Error
NOUV     73,2B38    JMP     $2B38    Branche au trait.
```

REMARQUE : La table des adresses est placée automatiquement (voir III ci-après) en $7FØ1 pour le TO7 de base, en $BFØ1 pour le TO7 avec extension mémoire et en $DFØ1 pour le TO7-7Ø.

Selon le cas, on devra donc remplacer ADRA par ces valeurs.

## 2. Activation des nouvelles instructions

Le sous-programme d'initialisation doit modifier l'adresse contenue en $62Ø7 (début de la table des noms de fonctions), la valeur contenue en $62Ø6 (nombre de mots, placé par le programme de création en ADRA-1), et placer une instruction JMP BRAN en $6273, le sous-programme BRAN précédent étant implanté juste après.

On écrira donc :

```
INITNV   CC,BF19    LDD     # ADRN   Adr. table des noms
         FD,62Ø7    STD     $62Ø7
         B6,BFØØ    LDA     ADRA-1   Nombre de mots
         B7,62Ø6    STA     $62Ø6
         86,7E      LDA     # $7E    Code de JMP étendu
         B7,6273    STA     $6273
```

```
            1F,5Ø       TFR     PC,D       Adresse E → D
E           C3,ØØ7      ADDD    #$ØØØ7     (Adresse RTS)+1 → D
            FD,6274     STD     $6274
            39          RTS
```

REMARQUE 1 : On observera l'utilisation du compteur de programme PC du 68Ø9, permettant de déplacer les sous-programmes d'initialisation et de branchement sans avoir à les modifier.

REMARQUE 2 : Pour la même raison que précédemment, on écrira obligatoirement les adresses $7F19 et $7FØØ pour le TO7 de base, et $DF19 et $DFØØ pour le TO7-7Ø (au lieu de $BF19 et $BFØØ).

### 3. Implantation en mémoire

Finalement, si l'on désire implanter simultanément les nouvelles fonctions, les boucles WHILE et certaines nouvelles instructions, dont la table des adresses sera placée en cas d'extension mémoire en $BFØØ (voir ci-après), on enlèvera ",39,FIN" de la ligne 171Ø et l'on ajoutera :

```
172Ø DATA CC,BF19,FD,62Ø7,B6,BFØØ,B7,62Ø6,86,7E,B7,6273
,1F,5Ø,C3,ØØ7,FD,6274,39
173Ø DATA 8E,BFØ1,8Ø,A7,2A,3,7E,7F3,7E,2B38,FIN Initial
isations
```

On peut aussi bien sûr n'implanter que les nouvelles instructions, puisqu'on peut déplacer le sous-programme d'initialisation sans modifications ; on écrira alors simplement :

```
17ØØ DATA Initialisation,&HBAØ1,CC,BF19,etc...
```

## III. Création des nouvelles tables

Les mots-clés correspondants aux nouvelles instructions à créer seront placés en DATA, à la fin du programme (ligne 299Ø), chacun étant suivi de

l'adresse hexadécimale (précédée de &H) où se situera la routine de traitement correspondante.

Ces adresses seront celles de branchement et elles devront bien sûr être les mêmes que celles écrites au début des routines proprement dites (adresses d'implantation).

Toutefois, il est aussi possible de créer des instructions "non exécutables" (par exemple ARG au chapitre VI) ; on écrira alors comme adresse $7F3 (SN Error) ou $663 (adresse de DATA : l'instruction sera ignorée).

La liste des nouvelles instructions sera toujours terminée par le mot FIN.

Les instructions BASIC suivantes, à ajouter au programme de création du chapitre 2, génèrent automatiquement la table des nouvelles adresses, implantée à la dernière page de la RAM ($7FØ1 ou $BFØ1) ; la table des noms de fonctions est implantée comme on l'a dit 24 octets plus loin.

```
13ØØ '.....Nouvelles instructions......
131Ø ADR=FIN-&HFE    '7FØ1 ou BFØ1(TO7) ou DFØ1(TO7-7Ø)
132Ø IF ADR<ADRØ GOTO1Ø5Ø ELSE ADRØ=ADR
133Ø NBRM=39      '39 fonctions au depart
134Ø '.....Recopie table des noms......
135Ø ADR=ADRØ+24:FOR I=&H1CF TO &H269
136Ø POKE ADR,PEEK(I):ADR=ADR+1:NEXT
1395 '
14ØØ '....On ajoute un nouveau mot.....
141Ø READ A$:IF LEFT$(A$,3)="FIN" GOTO155Ø
142Ø FOR I=1 TO LEN(A$)-1
143Ø POKE ADR,ASC(MID$(A$,I)):ADR=ADR+1:NEXT
144Ø POKE ADR,ASC(RIGHT$(A$,1))+&H8Ø:ADR=ADR+1
145Ø NBRM=NBRM+1                        '+1 mot
1455 '
146Ø 'On ajoute l'adresse dans la table
147Ø READ V
148Ø IF V>=FIN-&HFF THEN ADR=Ø:GOTO1Ø5Ø
149Ø I=INT(V/256):POKE ADRØ,I
15ØØ I=V-I*256:POKE ADRØ+1,I
151Ø ADRØ=ADRØ+2:GOTO14ØØ
1545 '
155Ø '..Tous les nouveaux mots crees...
156Ø POKE ADR,Ø:ADRØ=ADR+1:POKE FIN-&HFF,NBRM
```

***Exemple***: Pour créer l'instruction INC (voir chapitre suivant), implantée $BAB8 par exemple, il suffira d'ajouter au programme:

```
2200 DATA INC,&HBAB8,liste des codes,FIN
2990 DATA INC,&HBAB8,FIN nouveaux mots
```

Après exécution, un simple EXEC &HBA01 nous permettra d'utiliser notre nouvelle instruction (avant l'exécution du sous-programme d'initialisation, notre nouveau mot ne serait pas reconnu).

# 5

# Incrémentation et permutation de variables

Nous allons appliquer la méthode précédente à la création des deux instructions relativement simples INC (incrémentation rapide) et SWAP (permutation), qui pourront servir de modèle pour réaliser des instructions similaires (par exemple un calcul rapide de fonction linéaire).

Ces deux instructions contrôlent bien sûr la syntaxe et les types des variables, exactement comme les instructions "normales".

## *I. Instruction INC*

### 1. Syntaxe-but

La syntaxe est la suivante:

**INC variable [, expression]**

Cette instruction ajoute la valeur de l'expression à la variable (qui peut bien sûr être un élément de tableau); si l'option [, **expression**] est omise, l'incrément par défaut est 1.

L'intérêt de cette instruction est d'être exactement 1,5 à 2,5 fois (selon le type de la variable et la présence ou non du deuxième argument) plus rapide que l'affectation normale, ce qui sera très précieux pour tous les programmes où la rapidité d'exécution est essentielle.

Toute instruction d'un programme de la forme X=X+expression pourra donc alors être remplacée par INC X, expression.

## 2. Réalisation

La routine est donnée ci-après; on constatera bien sûr qu'elle fait encore une fois un large appel aux routines de l'interpréteur ($A48, 1C∅8, 81A, etc...) dont on trouvera la description en annexe.

On remarquera aussi l'utilisation de la valeur (double ou simple précision) ∅,5 située en $238∅, utilisée par les routines de conversion de type pour les arrondis; la valeur entière 1 est trouvée de même par exemple en $F9CA (LDX #$F9CA place donc 1 dans le bit N du registre CC, ce qui correspond bien en $1C∅8 au type 2) pour le TO7.

La routine est la suivante:

```
BAB8   BD   0A48   JSR    $0A48    Adr.var →X;type→Ø5
BABB   9F   3F     STX    $3F
BABD   9D   B8     JSR    $B8      Expression ?
BABF   26   11     BNE    $BAD2    Calcul expression
BAC1   8E   2380   LDX    #$2380   Emplacement de Ø 5
BAC4   9D   CD     JSR    $CD      Teste le type
BAC6   2A   03     BPL    $BACB    Réel ou dble.préc
BAC8   8E   F9CA   LDX    #$F9CA   Contient 1(TO7)
BACB   BD   1C08   JSR    $1C08    .5 ou 1→AC flottant
BACE   C    55     INC    $55      .5→1(réel)
BAD0   20   0E     BRA    $BAE0    Calcul
BAD2   96   05     LDA    $05      Type variable
BAD4   34   02     PSHS   A        Empilement
BAD6   9D   CA     JSR    $CA      A-t'on " , " ?
BAD8   BD   081A   JSR    $081A    Exp.→AC flottant
BADB   35   02     PULS   A        Type
BADD   BD   2510   JSR    $2510    Conversion exp
BAE0   9E   3F     LDX    $3F      Adr variable
BAE2   BD   24FD   JSR    $24FD    Teste le type(num.)
```

```
BAE5   29   0A     BVS   $BAF1     Réel(simple préc.)
BAE7   24   06     BHS   $BAEF     Double préc.
BAE9   AE   84     LDX   ,X        Valeur var. (entière)
BAEB   9F   65     STX   $65       (donne : 2d AC flottant)
BAED   20   05     BRA   $BAF4     Addition
BAEF   C    03     INC   $03
BAF1   BD   1ABF   JSR   $1ABF     Valeur var.→2d AC
BAF4   BD   2590   JSR   $2590     +
BAF7   7E   1C36   JMP   $1C36     Résultat→variable
```

REMARQUE 1 : Si la variable est de type entier, l'addition est faite ici à l'envers (voir chapitre II sur les fonctions), ce qui n'a aucune importance puisque + est commutatif ! Si l'on voulait, par contre, utiliser un opérateur tel que —, /,⩽, etc..., il faudrait obligatoirement permuter (en $BAED) les deux accumulateurs entiers ($6157 et $6165).

REMARQUE 2 : La valeur F9CA (adresse contenant &HØØØ1) située en $BAC9 devra être remplacée par EA24 pour le TO7-7Ø.

### 3. Exemples

Après implantation de la routine (voir chapitre précédent) et exécution du sous-programme d'initialisation (EXEC &HBAØ1), on pourra écrire par exemple :

```
100 X=31.45:INC X,-2:PRINT X
110 Y%=-17:INC Y%:PRINT Y%
```

On obtient bien sûr 29.45 et —16.

## II. Instruction SWAP

### 1. Syntaxe-but

Cette instruction, relativement classique, et particulièrement utile pour les tris, s'écrit :

**SWAP variable1 , variable2**

Elle permute le contenu des deux variables (qui peuvent être des éléments de tableau), avec conversion en cas de types numériques différents ; les variables chaînes sont ici admises (l'erreur "TM" est bien sûr détectée et affichée si une seule des deux variables est de type chaîne).

## 2. Réalisation

On observera que notre routine utilise essentiellement une partie du traitement de l'affectation ($734 et 737), ce qui est logique puisqu'il s'agit ici d'affecter la valeur de var2 à var1 et réciproquement ; la permutation est effectuée à l'aide de la pile, dans laquelle on range la valeur de var1 (par STS, $3F, JSR $737).

La routine est la suivante :

```
BAFC   BD    0800   JSR    $0800    Valeur var1→AC
BAFF   32    78     LEAS   -8,S     8 octets maxi
BB01   10DF  3F     STS    $3F      Adresse rangt.valeur
BB04   96    05     LDA    $05      Type de var1
BB06   9E    3D     LDX    $3D      Adresse de var1
BB08   34    12     PSHS   A,X      Empilement
BB0A   BD    0737   JSR    $0737    Valeur var1→pile S
BB0D   9D    CA     JSR    $CA      A-t'on ","?
BB0F   BD    0800   JSR    $0800    Valeur var2→AC
BB12   96    05     LDA    $05      Type de var2
BB14   97    42     STA    $42
BB16   35    12     PULS   A,X      Type et adr var1
BB18   9F    3F     STX    $3F
BB1A   BD    0734   JSR    $0734    Var2 convertie→var1
BB1D   1F    41     TFR    S,X      Adr valeur var1→X
BB1F   BD    0803   JSR    $0803    Valeur var1→AC
BB22   96    42     LDA    $42      Type de var2
BB24   9E    3D     LDX    $3D      Adresse de var2
BB26   9F    3F     STX    $3F
BB28   BD    0734   JSR    $0734    Var1 convertie→var2
BB2B   32    68     LEAS   8,S      Restaure la pile
BB2D   39           RTS
```

REMARQUE : Les variables ne sont pas créées en mémoire par cette instruction (utilisation de $800 : voir 2e partie).

## 3. Utilisation-exemples

Nous rappelons ici le mode opératoire, à utiliser pour toute instruction nouvelle.

Pour implanter notre routine en $BAFC par exemple (ou en toute autre adresse ne recouvrant pas une routine précédente, ou la dernière page de la RAM ; rappelons que ce contrôle est effectué automatiquement par le programme de création), on écrira donc :

```
2300 DATA SWAP,&HBAFC,BD,800,...,39,FIN
2990 DATA INC,&HBAB8,SWAP,&HBAFC,FIN
```

Après création, on enregistrera une fois pour toutes les octets correspondants par SAVEM, les adresses étant indiquées par le programme.

Après relecture (LOADM) et exécution de CLEAR,INIT-1 : EXEC INIT (INIT étant par exemple ici $BAØ1), on pourra écrire par exemple :

```
100 X=31.87:Y=-2.19 Z%=493
110 SWAP X,Y:PRINT X,Y,Z%
120 SWAP Y,Z%:PRINT X,Y,Z%
130 A$="PAUL":B$="JEANNE"
140 IF A$>B$ THEN SWAP A$,B$
150 PRINT A$,B$:END
```

On obtiendra bien sûr :

```
-2.19          31.87          493
-2.19          493            32
JEANNE        PAUL
```

## 4. Amélioration possible

La routine précédente permet de permuter deux éléments de tableaux ; on pourrait prévoir aussi la permutation directe de deux tableaux ; les noms seraient alors précédés de DIM pour indiquer à l'interpréteur qu'il faut permuter deux ensembles de valeurs (et non deux valeurs seulement).

On pourrait donc alors écrire :

```
SWAP DIM Tableau1,DIM Tableau2
```

Bien entendu, la routine vérifierait la conformité des deux tableaux, qui devraient avoir été déclarés auparavant ; elle pourra être écrite en s'inspirant de la transmission des tableaux entre unités de programmes indépendantes, que nous allons voir au chapitre suivant (en particulier, utilisation de $A48 appelée avec 1 dans $61Ø7).

# 6

# Procédures variables locales

On sait que la méthode la plus efficace pour traiter un problème complexe consiste à le décomposer en plusieurs sous-problèmes indépendants les uns des autres ; chaque sous problème pourra lui-même être décomposé de la même manière en "sous-sous-problèmes", etc... jusqu'à arriver à des problèmes élémentaires que l'on pourra programmer immédiatement.

Cette méthode d'analyse "par raffinement graduel" est dite "descendante" ; elle opère donc du général vers le détail, et non en sens inverse comme on le fait hélas couramment !

Une telle approche est possible en BASIC (usage des GOSUB et non des GOTO...) même si ce langage est peu adapté pour celà ; toutefois, on est alors astreint à tenir compte à chaque niveau des informations utilisées par toutes les autres unités de programme ; il n'est donc pas possible d'écrire et de mettre au point chaque module indépendamment des autres, d'où l'impossibilité pratique d'écrire et de mettre au point des programmes longs, et la difficulté de trouver certaines erreurs conduisant à des comportements anarchiques !

Ceci est dû au fait qu'en BASIC toutes les variables d'un programme sont communes à toutes les parties de celui-ci, conduisant donc à des interac-

tions néfastes ; la seule exception est constituée pour certains BASIC par les fonctions utilisateurs FN, limitées à un simple calcul et donc sans portée réelle.

Nous donnons ici une méthode permettant de créer des unités de programme, ou *procédures*, indépendantes les unes des autres ; toutes les informations utilisées par une de nos procédures n'ont en effet de sens que pour celle-ci, c'est-à-dire qu'elles sont *locales* à la procédure.

Nous verrons bien sûr que ces procédures peuvent aussi recevoir ou échanger des informations avec le programme qui les appelle.

Elles peuvent enfin s'appeler elles-mêmes, ce qui autorise donc la vraie récursivité.

Il vaut donc la peine de faire l'effort d'écrire les seuls 375 octets nécessaires pour tout celà !...

# I. Principe de la méthode – Passage des Arguments

## 1. Principe

On a vu dans la deuxième partie que l'interpréteur gère les informations utilisées par un programme à partir des adresses contenues en $611E (début de la zone des variables), $612Ø (début de la zone des tableaux) et $6122 (début DEB de la zone libre, contenant la pile).

Pour créer des variables ou des tableaux locaux à une certaine partie de programme, il suffit donc d'envoyer l'adresse DEB en $611E et $612Ø, après sauvegarde des valeurs initiales dans la pile.

Toutes les variables ou tableaux rencontrés alors seront créés automatiquement (par la routine $A48) dans une zone de mémoire indépendante de la zone normale, et seront donc complètement différents des variables ou tableaux utilisés jusque là, et celà même dans le cas où les noms seraient les mêmes !

Bien entendu, on restaurera lors du retour au programme principal (instruction PROCEND définie ci-après) les valeurs de $611E, $612Ø et $6122 (cette dernière avec le contenu de $611E, qui ne bouge pas) ; les informations utilisées par la procédure ne seront donc pas "vues" par le programme qui l'appelle.

On aura donc bien ainsi l'indépendance des différents modules de programme.

## 2. Passage des arguments

Il est évident qu'une procédure ne peut être un bloc isolé, sans lien avec les autres modules de programme ; elle doit donc pouvoir recevoir des informations, et en retourner en échange ; ceci constitue le problème du "passage des arguments".

Il faut donc préciser lors de l'appel de la procédure (instruction CALL) la liste des arguments, ou des "paramètres", à transmettre à la procédure (arguments "*effectifs*").

Lors de la définition de la procédure (instruction PROC), on écrira la liste des arguments "*formels*", recevant les valeurs des paramètres effectifs.

Il existe essentiellement deux méthodes classiques de passage d'arguments ; nos instructions permettent effectivement l'utilisation des deux modes.

— **Passage par valeur** : ce sont alors simplement les valeurs des paramètres effectifs qui sont transmises à la procédure ; on "recopie" pour celà les valeurs de ceux-ci après conversion éventuelle en cas de types différents, dans les variables formelles correspondantes.
Les valeurs et en-tête d'un tableau sont, elles, directement recopiées dans le tableau formel, qui sera donc automatiquement créé avec la même structure que le tableau effectif ; le nom devra être du même type que celui-ci, car il serait trop long à l'exécution de convertir un à un tous les éléments du tableau.
Ce mode est le passage d'arguments par défaut que nous avons retenu pour nos instructions, semblables en celà aux instructions correspondantes du PASCAL, de l'APL et des fonctions FN BASIC (ce mode n'existe pas en FORTRAN, mais il peut être simulé).
Dans ce mode de passage, aucune valeur n'est retournée vers le programme principal, qui est donc totalement "protégé" des traitements effectués dans la procédure.

— **Passage par adresse** : c'est alors l'adresse de l'argument réel qui est transmise au sous-programme lors de l'appel ; lors du retour au programme principal, les valeurs des paramètres formels sont retournées vers celui-ci, c'est-à-dire que les paramètres effectifs sont modifiés.

On peut ainsi transmettre un nombre quelconque de résultats vers le programme principal, en prenant garde que certaines variables de celui-ci seront donc modifiées par l'exécution de la procédure.
Pour indiquer à l'interpréteur que l'on désire faire un passage par adresse, nous avons choisi d'utiliser ici, dans la liste des paramètres effectifs du CALL, le mot clé ARG ("argument").
Signalons que ce mode de passage est le mode de passage normal du FORTRAN ; en PASCAL, le principe est le même qu'ici (utilisation du mot clé VAR) ; toutefois, cette déclaration doit être faite lors de la définition de la procédure et donc figée une fois pour toutes.
L'intérêt de faire plutôt la déclaration lors de l'appel est que la procédure pourra ainsi ne pas retourner les mêmes paramètres (et donc ne pas modifier toujours les mêmes paramètres effectifs) lors de deux appels différents : voir l'exemple du jeu des jetons donné plus loin.

# II. L'instruction CALL

Elle réalise l'appel d'une procédure.

## 1. Syntaxe-action

On écrira :

**CALL numéro de ligne (liste d'arguments)**

**argument** = { **expression** ou **DIM Nom de tableau** / **ARG variable** ou **ARG DIM Nom de tableau** }

La valeur de l'argument est transmise dans tous les cas à la procédure ; si l'on écrit un nom de tableau précédé de DIM, c'est le tableau tout entier qui sera transmis.

Si l'on utilise la déclaration ARG, il y aura en plus retour de la valeur du paramètre formel correspondant ; l'argument devra donc être alors une variable (ou un élément de tableau), ou un nom de tableau précédé de DIM.

L'instruction provoque le branchement à la ligne indiquée.

REMARQUES : Toutes les variables précédées de ARG devront avoir été définies auparavant, par l'affectation d'une valeur par exemple (mais pas en

l'écrivant dans une expression, qui ne crée pas les variables en mémoire : voir 2e partie) ; on évite ainsi tout problème éventuel de déplacement de tableau en cas de création d'une nouvelle variable.
De même, les tableaux à transmettre devront avoir été définis auparavant par une instruction DIM normale, ceci car $A48 appelée avec 1 dans $61Ø7 ne crée pas le tableau.
Bien entendu, tout manquement aux règles ci-dessus est détecté ou signalé, soit par "CN Error" (Can't continue) en cas de définition oubliée, soit par "SN Error" par exemple si on écrit ARG expression ou DIM nom (liste d'indices) comme argument.

## 2. La routine

La routine place d'abord dans la pile :

— l'adresse du premier caractère qui suit le CALL,

— le numéro de la ligne du CALL,

— la valeur &H3B, placée à l'adresse α

Ces 5 octets permettront le retour à l'instruction suivant le CALL, après exécution de la procédure.
Pour chaque argument, la routine empile ensuite successivement :

— l'adresse de la valeur de l'argument, ou celle de l'en-tête pour un tableau (précédé de DIM),

— le type de l'argument, les bits 7 et 6 étant mis à 1 pour un tableau ; dans le cas d'un tableau à retourner, précédé donc de ARG DIM, seul le bit 7 est mis à 1,

— la valeur de l'argument (sur un nombre d'octets égal au type), sauf en cas de tableau ou de déclaration ARG ; l'adresse empilée 3 octets auparavant est alors celle de cette valeur, c'est-à-dire qu'elle pointe dans la pile elle-même.

Après empilement du dernier argument, le sommet de la pile est à l'adresse β ; on empile alors :

— l'adresse contenue en $611E,

— celle contenu en $612Ø,

— l'adresse β,

— l'adresse α du &H3B (les arguments formels sont donc décrits dans la pile entre α −1 et β),

— la valeur &HCØ caractérisant le CALL.

Il y a alors branchement au numéro de ligne écrit après le CALL.

La routine utilise un sous-programme déterminant l'adresse et le type d'un argument; dans le cas d'un tableau, l'adresse retournée est celle du début de l'en-tête (voir 2ᵉ partie).

Le listing est le suivant:

```
BB30   C6    07     LDB    #$07      14 octets→pile
BB32   BD    0336   JSR    $0336     Débordement ?
BB35   9E    22     LDX    $22       Début zone libre
BB37   BF    BFFE   STX    $BFFE     Adr. inutilisée
BB3A   109E  B9     LDY    $B9       Adr. car. après CALL
BB3D   9E    2C     LDX    $2C       N°ligne du CALL
BB3F   86    3B     LDA    #$3B
BB41   34    32     PSHS   A,X,Y     Empilement
BB43   9D    B8     JSR    $B8       Caractère courant
BB45   BD    06FD   JSR    $06FD     Calcul adr.brancht.
BB48   BD    07E6   JSR    $07E6     A-t'on "(" ?
BB4B   C6    06     LDB    #$06      11 octets maxi.
BB4D   BD    0336   JSR    $0336     Débordement ?
BB50   9D    B8     JSR    $B8
BB52   4C           INCA             A-t'on ARG (FFAB) ?
BB53   27    21     BEQ    $BB76     Par adresse
BB55   81    85     CMPA   #$85      Code de DIM+1
BB57   26    06     BNE    $BB5F     Variable
BB59   8D    58     BSR    $BBB3     S.P.+6 (tableau)
BB5B   8A    C0     ORA    #$C0      1→bits 7 et 6 type
BB5D   20    23     BRA    $BB82     Suite
BB5F   BD    081A   JSR    $081A     Calcul expression
BB62   96    05     LDA    $05       Type
BB64   1F    89     TFR    A,B       Nbr.octets val.→B
BB66   CB    03     ADDB   #$03
BB68   50           NEGB
BB69   30    E5     LEAX   B,S       Adr.valeur→X
BB6B   34    12     PSHS   A,X
BB6D   9F    3F     STX    $3F
BB6F   1F    14     TFR    X,S       Pour empiler valeur
BB71   BD    0737   JSR    $0737     Valeur→pile
BB74   20    0E     BRA    $BB84     Argument suivant
BB76   9D    B2     JSR    $B2       2d octet code
BB78   C6    AB     LDB    #$AB      Code de ARG
```

```
BB7A    9D    D0      JSR    $D0          A-t'on ARG ?
BB7C    8D    2F      BSR    $BBAD        Sous-programme
BB7E    27    02      BEQ    $BB82        Suite (Variable)
BB80    8A    80      ORA    #$80         Tableau (1→bit 7)
BB82    34    12      PSHS   A,X
BB84    9D    B8      JSR    $B8          Caractère courant
BB86    81    29      CMPA   #$29         Code de ")"
BB88    27    04      BEQ    $BB8E        Terminé
BB8A    9D    CA      JSR    $CA          A-t'on "," ?
BB8C    20    BD      BRA    $BB4B        Argument suivant
BB8E    DE    1E      LDU    $1E          Début variables
BB90    109E  20      LDY    $20          Début tableaux
BB93    1F    41      TFR    S,X          Adresse β→X
BB95    DC    8C      LDD    $8C          Fond de la pile
BB97    83    0007    SUBD   #$0007       Adr.α de #3B→D
BB9A    34    76      PSHS   A,B,X,Y,U    Empilement
BB9C    86    C0      LDA    #$C0
BB9E    34    02      PSHS   A
BBA0    9E    22      LDX    $22          Début zone libre
BBA2    BC    BFFE    CMPX   $BFFE        S'est-il déplacé ?
BBA5    26    34      BNE    $BBDB        Oui⇒CN Error
BBA7    BD    0629    JSR    $0629        Sur ligne indiquée
BBAA    7E    2AED    JMP    $2AED        Exécution
```

Le sous-programme est le suivant :

```
BBAD    9D    B8      JSR    $B8          Caractère courant
BBAF    81    84      CMPA   #$84         Code de DIM
BBB1    26    06      BNE    $BBB9        Var.ou elt.de tab.
BBB3    86    01      LDA    #$01         Tableau
BBB5    97    07      STA    $07          Cherchera en-tête
BBB7    9D    B2      JSR    $B2
BBB9    BD    0A48    JSR    $0A48        Adr.→X ;type→05
BBBC    D6    07      LDB    $07
BBBE    27    06      BEQ    $BBC6
BBC0    4D            TSTA                Tabl.existe déjà ?
BBC1    27    03      BEQ    $BBC6        oui
BBC3    7A    BFFE    DEC    $BFFE        non
BBC6    96    05      LDA    $05          Type
BBC8    F     07      CLR    $07
BBCA    5D            TSTB                Var.ou tableau ?
BBCB    39            RTS                 Retour
```

REMARQUES : On notera ici l'utilisation de deux octets situés en $BFFE pour détecter tout déplacement de la zone des tableaux.

D'autre part, la routine $A48 appelée avec 1 dans $61Ø7 retourne A=1 si le tableau correspondant n'existe pas en mémoire (et A=Ø dans le cas contraire) ; on déplace alors $BFFE, d'où la détection (à la fin) de l'erreur CN. La somme de contrôle est ici égale à 1572Ø.

# *III. L'instruction PROC*

Elle permet de définir les paramètres formels de la procédure ; suivie du mot END, nous verrons qu'elle provoque le retour au programme principal.

## 1. Syntaxe-action

**PROC (liste d'arguments formels)**

**Argument formel** = **Variable ou DIM Nom de tableau**

L'argument formel prend dans tous les cas la valeur du paramètre effectif correspondant.

Dans le cas d'un nom de tableau précédé de DIM, le tableau formel est créé automatiquement avec la même structure que le tableau effectif ; le type doit être alors le même que celui de ce tableau effectif.

Le nombre, la nature (variable simple ou tableau) et le type (numérique quelconque, ou chaîne) des paramètres formels et effectifs doit correspondre.

Tout manquement aux règles ci-dessus, ou par exemple la rencontre par l'interpréteur d'un PROC sans qu'il y ait eu appel par CALL, est signalé par un "CN (ou SN) Error".

REMARQUE : On peut écrire un élément de tableau comme argument ; il y aura alors création automatique du tableau correspondant, de taille 11.

## 2. La routine

Elle vérifie que la valeur située en haut de la pile est bien &HCØ (précédé de l'adresse $2B23 de retour à la boucle d'exécution des programmes : voir 2ᵉ partie) ; elle remplace ensuite cette valeur par l'adresse du 1ᵉʳ caractère

du 1<sup>er</sup> argument (ceci pour le retour), empile la valeur &HC1 caractérisant PROC, et remplace l'adresse de retour au sommet.

Les zones des variables et des tableaux sont alors déplacées en zone libre (d'où l'indépendance totale entre les variables et tableaux de la procédure et celles du programme principal), puis les paramètres formels sont créés dans ces zones, et initialisés au fur et à mesure avec les valeurs des paramètres effectifs correspondants (pile balayée grâce au registre Y).

Il y a alors exécution de la procédure, jusqu'à l'instruction PROCEND.

Le listing est le suivant :

```
BBCC  81  80    CMPA  #$80     Code de END
BBCE  27  6C    BEQ   $BC3C    PROCEND⇒retour
BBD0  BD  07E6  JSR   $07E6    A-t'on "(" ?
BBD3  35  40    PULS  U        Adresse $2B23
BBD5  35  22    PULS  A,Y      Adr.u(CALL)→Y
BBD7  81  C0    CMPA  #$C0
BBD9  27  05    BEQ   $BBE0
BBDB  C6  11    LDB   #$11
BBDD  7E  0353  JMP   $0353    CN Error
BBE0  4C        INCA           #$C1→A
BBE1  9E  B9    LDX   $B9      Adr. 1er caract.
BBE3  34  32    PSHS  A,X,Y
BBE5  34  40    PSHS  U        Replace $2B23
BBE7  9E  22    LDX   $22      Adr.zone libre
BBE9  9F  1E    STX   $1E      Déplact.zone var.
BBEB  9F  20    STX   $20      Déplact.zone tab.
BBED  8D  BE    BSR   $BBAD    Sous-programme
BBEF  27  21    BEQ   $BC12    Variable
BBF1  EE  A3    LDU   ,--Y     Tableau
BBF3  A8  A2    EORA  ,-Y      Types égaux ?
BBF5  84  BF    ANDA  #$BF     o→bit 6
BBF7  4A        DECA           A-t'on $80 ?
BBF8  28  E1    BVC   $BBDB    CN Error
BBFA  BD  0ACB  JSR   $0ACB    Nom→zone tableau
BBFD  EE  21    LDU   1,Y      Adr.tabl.effectif
BBFF  1F  10    TFR   X,D      Adr.tab.formel→D
BC01  E3  C4    ADDD  ,U       D+taille tab.eff.→D
BC03  DD  22    STD   $22      Déplact.zone libre
BC05  BD  033A  JSR   $033A    Débordement mem. ?
BC08  A6  C0    LDA   ,U+      1 octet tab.eff.
BC0A  A7  80    STA   ,X+      →tab.formel
BC0C  9C  22    CMPX  $22      fini ?
BC0E  25  F8    BLO   $BC08    Boucle
BC10  20  1E    BRA   $BC30    Suite
```

```
BC12   9F    3F     STX    $3F       Adr.var.form.
BC14   34    02     PSHS   A         Type var.form.→pile
BC16   AE    A3     LDX    ,--Y      Adr.var.eff.→X
BC18   A6    A2     LDA    ,-Y       Type var.eff.→A
BC1A   2B    BF     BMI    $BBDB     CN Error(tableau)
BC1C   97    05     STA    $05
BC1E   9C    22     CMPX   $22       Valeur dans pile ?
BC20   25    02     BLO    $BC24     non
BC22   1F    12     TFR    X,Y       Adr.valeur→Y
BC24   BD    0803   JSR    $0803     Argu.eff.→AC flot.
BC27   35    02     PULS   A         Type var.form.
BC29   34    20     PSHS   Y         Sauvegarde de Y
BC2B   BD    0734   JSR    $0734     Val.convertie→var.
BC2E   35    20     PULS   Y
BC30   10AC  67     CMPY   7,S       Fini ?(Y=β, de CALL)
BC33   27    04     BEQ    $BC39     oui
BC35   9D    CA     JSR    $CA       A-t'on "," ?
BC37   20    B4     BRA    $BBED     Argument suivant
BC39   7E    07E3   JMP    $07E3     A-t'on ")" ?RTS
```

REMARQUE : Cette routine devra être implantée juste après CALL, ceci pour que les branchements relatifs au sous-programme et au CN Error soient exacts.

# IV. L'instruction PROCEND

Elle provoque le retour au programme principal.

## 1. Syntaxe-action

**PROCEND ou PROC END**

Il y a retour à l'instruction du programme principal qui suit immédiatement le CALL.

Les paramètres formels correspondants aux paramètres effectifs précédés de ARG dans l'instruction CALL sont retournés au programme principal.

Une procédure peut contenir plusieurs PROCEND.

## 2. La routine

La routine dépile d'abord les boucles FOR ou WHILE non terminées, qui ne provoqueront donc pas d'erreur (routine $2F3 : voir 2e partie).

Puis elle vérifie la valeur située en haut de la pile (&HC1) ; les paramètres effectifs présents dans la pile sont examinés un à un (registre Y), et ils prennent éventuellement la valeur du paramètre formel correspondant (si leur adresse ne pointe pas dans la pile).

Les adresses des trois zones (variables, tableaux, libre) sont alors restaurées ; toutes les variables et tableaux utilisés par la procédure ne seront donc pas "vues" par le programme principal.

Il y a enfin retour au programme principal, grâce à la routine $64C (traitement de RETURN).

Le listing est le suivant :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| BC3C | 9D | B2 | JSR | $B2 | 1er octet après END |
| BC3E | 27 | 01 | BEQ | $BC41 | |
| BC40 | 39 | | RTS | | Provoque SN Error |
| BC41 | 86 | FF | LDA | #$FF | FOR,WHILE non... |
| BC43 | 97 | 3F | STA | $3F | ...dépilés sinon |
| BC45 | BD | 02F3 | JSR | $02F3 | Cherche FOR,WHILE |
| BC48 | 1F | 14 | TFR | X,S | Dépilement |
| BC4A | 35 | 42 | PULS | A,U | Adr.1er arg.PROC→U |
| BC4C | 81 | C1 | CMPA | #$C1 | |
| BC4E | 27 | 03 | BEQ | $BC53 | |
| BC50 | 7E | 17A8 | JMP | $17A8 | RE Error(Return er.) |
| BC53 | DF | B9 | STU | $B9 | Sur le 1er arg. PROC |
| BC55 | 10AE | E4 | LDY | ,S | α(voir CALL)→Y |
| BC58 | 17 | FF52 | LBSR | $BBAD | Sous-programme |
| BC5B | 27 | 18 | BEQ | $BC75 | Variable |
| BC5D | EE | A3 | LDU | ,--Y | Adr.tableau eff. |
| BC5F | A6 | A2 | LDA | ,-Y | Type |
| BC61 | 84 | 40 | ANDA | #$40 | Garde bit 6 |
| BC63 | 26 | 29 | BNE | $BC8E | Suite (par valeur) |
| BC65 | 1F | 10 | TFR | X,D | par adr.:adr.déb.→D |
| BC67 | E3 | 84 | ADDD | ,X | D+taille tab.→D |
| BC69 | DD | 57 | STD | $57 | Adr.fin tableau |
| BC6B | A6 | 80 | LDA | ,X+ | 1 octet tab.form |
| BC6D | A7 | C0 | STA | ,U+ | →tableau eff. |
| BC6F | 9C | 57 | CMPX | $57 | Fini ? |
| BC71 | 25 | F8 | BLO | $BC6B | Boucle |
| BC73 | 20 | 19 | BRA | $BC8E | Suite |

```
BC75    EE    A3      LDU    ,--Y       Adr.valeur var.
BC77    DF    3F      STU    $3F
BC79    1193  22      CMPU   $22        Valeur dans pile ?
BC7C    25    04      BLO    $BC82      Non ⇒transmettre val.
BC7E    1F    32      TFR    U,Y        On saute la valeur
BC80    20    0C      BRA    $BC8E      Suite
BC82    BD    0803    JSR    $0803      Val.form.→AC flot.
BC85    A6    A2      LDA    ,-Y        Type arg.eff.
BC87    34    20      PSHS   Y          Sauvegarde de Y
BC89    BD    0734    JSR    $0734      Val.convertie→var.
BC8C    35    20      PULS   Y
BC8E    9D    B2      JSR    $B2
BC90    10AC  62      CMPY   2,S        Fini ?(Y=β,de CALL)
BC93    26    C3      BNE    $BC58      Argument suivant
BC95    35    76      PULS   A,B,X,Y,U
BC97    1F    04      TFR    D,S        Pile restaurée
BC99    9E    1E      LDX    $1E        Adresses zones...
BC9B    9F    22      STX    $22
BC9D    109F  20      STY    $20
BCA0    DF    1E      STU    $1E        ...restaurées
BCA2    A6    E4      LDA    ,S         Valeur 3B→A
BCA4    7E    064C    JMP    $064C      Trait. de RETURN
```

# V. *Applications simples*

## 1. Mise en œuvre

Les instructions CALL, PROC et ARG seront implantées et mises en œuvre en ajoutant les instructions suivantes au programme de création :

```
2400 DATA CALL,&HBB30, liste des codes, FIN
2500 DATA PROC,&HBBCC, liste des codes, FIN
2990 DATA INC,&HBAB8,SWAP,&HBAFC,CALL,
  &HBB30,PROC,&HBBCC,ARG,&H7F3, FIN
```

Les adresses données ici sont indicatives ; rappelons toutefois que PROC devra être implanté immédiatement après CALL, et que l'adresse de ARG sera toujours $7F3 (SN Error) puisque ARG n'est pas exécutable.

Il est enfin obligatoire d'écrire INC et SWAP en 2990 pour que ARG soit codé &HFFAB ; si on ne désire pas les créer, on n'écrira évidemment pas les lignes 2200 et 2300, et on écrira :

```
2990 DATA INC,&H7F3,SWAP,&H7F3,CALL,etc...
```

Après exécution, et sauvegarde (SAVEM) des octets correspondants et de la table des noms, les instructions seront activées par un simple EXEC &HBA01.

## 2. Premiers exemples

***Exemple 1*** :

```
90 REM Corps du Programme...
100 X=8.13:Y=-41.4:VAR=32.4
110 CALL 200("TEST",ARG X,Y+3.1,Y)
120 PRINT"Prgm. Principal  :";X;Y;VAR;Z;B%
130 END
200 'Procedure...
210 PROC(A$,VAR,Z,B%)
220 PRINT"Procedure        :";A$;VAR;Z;B%;X;Y
230 VAR=12.67:PROCEND
```

On obtient :

```
Procedure       :TEST 8.13 -38.3 -41  0  0
Prgm. Principal : 12.67 -41.4  32.4  0  0
```

Les variables X et Y du programme ne sont pas "vues" par la procédure, et réciproquement pour les variables Z et B%.

La variable VAR de la procédure correspond à la variable X du programme principal, et sa valeur est retournée dans celle-ci ; elle n'a rien à voir avec la variable VAR du programme.

***Exemple 2*** :

```
100 N=20:DIM A$(N),B$(N)          'Taille N
110 'Lecture tableau A$ (a ecrire...)
200 CALL 500(DIM A$,ARG DIM B$,N)
210 'On a dans B$ le tableau initial trie
220 'Suite (a ecrire)
490 END
500 PROC(DIM T1$,DIM T2$,P)
510 'Tri dans T2$ du tableau T1$ (a ecrire)
600 PROCEND
```

On peut bien sûr aussi trier directement dans le tableau A$, en écrivant :

```
200 CALL 500(ARG DIM A$,N)
500 PROC(DIM T$,P)
```

## 3. La récursivité

Nous rappellerons ici qu'un sous-programme récursif est un sous-programme qui s'utilise lui-même dans sa propre définition.

Par exemple, une factorielle peut se définir par :

$$n!=n*(n-1)!$$

De même, la définition d'un nombre de Fibonacci est :

$$F_n=F_{n-1}+F_{n-2}$$

Enfin, un coefficient binominal peut se définir par :

$$C_n^P = C_{n-1}^{P-1} + C_{n-1}^P$$

Ces trois définitions sont récursives.

Le BASIC normal autorise une pseudo récursivité puisqu'un sous-programme peut s'appeler lui-même ; elle reste cependant très limitée à cause de la "globalité" des variables.

Nos procédures permettent par contre une totale récursivité, ce qui constitue un outil très puissant en programmation.

***Exemple 1*** : n!

```
100 INPUT"Donner un nombre(1 a 33) ";N%
110 FACT=0:CALL 200(ARG FACT,N%)
120 PRINT"FACTORIELLE";N%;"=";FACT
130 END
195 'Procedure recursive...
200 PROC(F,N)          '...calcule F=N!
210 IF N<=1 THEN F=1 ELSE CALL 200(ARG F,N-1):F=F*N
220 PROC END
```

On obtient par exemple :

FACTORIELLE 4 = 24

Le fonctionnement est le suivant : il y a d'abord appel de PROC (F,4) par le programme principal ; la procédure elle-même appelle alors en 21Ø PROC(F,3), qui appelle elle-même PROC(F,2), qui appelle enfin PROC(F,1) où la règle d'arrêt (obligatoire !) est vérifiée.

Il y a alors retour de la valeur 1 vers PROC (F,2), qui retourne donc 1×2=2 vers PROC(F,3), qui retourne elle-même 2×3=6 vers PROC(F,4), retournant enfin 6×4=24 au programme principal.

A un moment donné de la récursion, il pourra y avoir par exemple une vingtaine d'appels imbriqués, chacun ayant créé ses propres variables, contenant toutes des valeurs différentes bien qu'ayant le même nom !

REMARQUE : FACT ="valeur" est obligatoire à la ligne 11Ø pour définir la variable FACT (précédée de ARG dans le CALL) ; par contre, en 21Ø,F est déjà définie par l'instruction PROC elle-même.

***Exemple 2*** : $C_n^P$

```
300 INPUT "N,P ";N,P
310 COMB=0:CALL 400(ARG COMB,N,P)
320 PRINT:PRINT P
330 PRINT N;"=";COMB;CHR$(13);
340 ATTRB 0,1:PRINT "C":ATTRB 0,0:END
400 'Procedure(recursive)
410 PROC(C,N,P):CP=0
420 IF P=0 OR N<=P THEN C=1 ELSE CALL 400(ARG C,N-1,P-1
):CALL 400(ARG CP,N-1,P):C=C+CP
430 PROCEND
```

On obtient par exemple :

$$C_7^3 = 35$$

On constatera qu'il est ici nettement plus facile d'écrire ou de comprendre le programme que de suivre exactement tous les appels et retours ! ceci est d'ailleurs fréquent avec la récursivité.

On notera aussi que les deux exemples ci-dessus pourraient être programmés sans utiliser la récursivité (ce qui serait d'ailleurs ici plus efficace) ; l'emploi de celle-ci permet par contre une écriture très claire et élégante.

Dans certains problèmes (parcours ou création "d'arbres", tri par "quicksort", etc...), elle est d'ailleurs quasi-indispensable, et doit être simulée au prix d'une gymnastique compliquée en cas d'utilisation de langages non récursifs (par exemple BASIC standard, ou FORTRAN).

# *VI. Application aux jeux*

## 1. Le principe

Soit à programmer un jeu où le programme devra affronter un joueur.

La récursivité permet d'écrire très facilement un sous-programme analysant à un moment donné de la partie la situation de jeu, jusqu'à son terme.

A un instant donné de l'analyse, le sous-programme s'appelle lui-même pour tous les coups possibles de l'adversaire ; lorsqu'il y a ainsi arrivée à une situation finale perdante, la récursivité permet de revenir automatiquement à une situation antérieure ; dès qu'un coup gagnant est trouvé, il est retourné au programme principal.

## 2. Exemple : jeu des jetons

Dans ce jeu simple et classique, on part d'un nombre quelconque N de jetons ; le joueur à qui c'est le tour de jouer peut en prélever un ou plusieurs, sans en prendre plus du double de ce qui a été ôté par l'adversaire au coup précédent.

Le gagnant est celui qui ramasse le dernier jeton.

***Exemple de partie*** :

11 jetons au départ :

— le programme en prend 3 ; restent 8 ; le joueur en prend 2,

— le programme en prend 1 ; restent 5 ; le joueur en prend 1 (forcé),

— le programme en prend 1 (forcé) ; restent 3 ; le joueur en prend 2,

— le programme prend le dernier et gagne.

A un moment donné de la partie, la situation de jeu est ici représentée par un couple (N,MAX), où N est le nombre de jetons et MAX le nombre maximal que l'on peut prendre.

Le listing du programme est donné ci-après ; on constatera le choix d'un coup aléatoire si N est supérieur à 19, ceci car la recherche de tous les coups possibles serait alors trop longue ; celà constitue donc la seule chance de battre le programme, imbattable autrement...

On remarquera enfin que la programmation de jeux tels que jeu des allumettes (jeu de Nim), tic-tac-toe, etc..., utiliserait exactement le même sous-programme ; seule changerait la représentation de la situation de jeu.

Le programme complet est le suivant :

```
10 CLEAR,&HBA00:PRINT"Lecture des routines de Procedure
...."
20 LOADM:EXEC&HBA01
100 CLS:DEFINTA-Z:C=0:INPUT"Combien de Jetons au dePart
";N:MAX=N-1
110 PRINT"Voulez vous commencer (O,N)?";:A$=INPUT$(1):P
RINTA$:PRINT
120 IFA$="O" GOTO400
190 '
195 '...Boucle...
200 COLOR4,3:PRINT"Je vais Prendre...";
210 IFN<20 GOTO250
220 FORI=1TO3000:NEXT:C=RND*2+.5:GOTO290
250 CALL 1000(N,MAX,0,R,ARG C)
290 BEEP:N=N-C:MAX=2*C:IF C>1 THEN A$="s" ELSE A$=""
300 PRINT C;"jeton";A$;";restent";N:COLOR4,6
```

```
310 IF N=0 THEN ATTRB 1,1:PRINT:PRINT"Vous avez perdu..
... desole...":GOTO500
400 INPUT"  Combien prenez vous de jetons";P
410 IF P<1 OR P>MAX THEN PRINT"FAUX";:GOTO400
420 N=N-P:MAX=2*P:IF N>0 GOTO200 ELSE ATTRB1,1:PRINT:PR
INT"Vous avez gagne..... bravo..."
500 ATTRB0,0:PRINT:PRINT"Une autre partie (O,N)?";:A$=I
NPUT$(1)
510 IFA$="O"GOTO100 ELSE END
990 '
995 'Procedure...
1000 PROC(N,M,JO,RES,CO)
1010 IF N<=M THEN RES=JO:CO=N:PROCEND
1020 FOR CO=M TO 1 STEP -1
1030 CALL1000(N-CO,CO+CO,1-JO,ARG RES,0)
1040 IF JO=RES THEN PROCEND ELSE NEXT
1050 RES=1-JO:CO=RND*2+.5:PROCEND
```

REMARQUE: On n'a ici besoin que des routines correspondant à CALL, PROC et PROCEND, qui pourront donc être seules implantées (à partir de \$BD4Ø par exemple, l'initialisation étant en \$BDØ1) et enregistrées sur cassette (de \$BDØ1 à \$BFFF) pour cette application.

**Commentaires** :

La variable JO contient Ø si c'est au programme de jouer (on a alors un coup gagnant si le CALL dans la boucle retourne RES=Ø, c'est-à-dire RES=JO), et 1 dans le cas contraire (on a alors un coup gagnant, pour le joueur donc, dès qu'on obtient un RES=1, c'est-à-dire RES=JO encore).

RES vaut Ø en cas de situation gagnante pour le programme, et 1 dans le cas contraire ; en cas de situation gagnante pour l'un ou pour l'autre, on sort donc directement de la boucle avec RES=JO ; on retourne par contre RES=1−JO en cas de sortie normale de celle-ci.

COUP est le coup gagnant (s'il existe) trouvé par le sous-programme.

On observera que toutes les parties possibles sont jouées et analysées par notre procédure, avec six instructions seulement !

On notera enfin que le CALL dans la procédure elle-même ne doit pas modifier le coup x envisagé, d'où la transmission par valeur de Ø par exemple ; par contre, le coup x doit être retourné au programme principal, d'où une transmission par adresse dans celui-ci.

# VII. Améliorations possibles

On pourrait par exemple créer assez facilement la possibilité de faire des appels de procédures *par nom*, et non plus par étiquette numérique.

Ceci améliorerait la clarté des programmes, et rendrait l'écriture de l'appel et de la définition de la procédure indépendante de la numérotation des lignes.

On pourrait du même coup créer des branchements *par labels* : l'instruction BRANCH nom provoquerait un branchement à la ligne commençant par LABEL nom, LABEL étant une instruction non exécutable ; son adresse de traitement serait donc (en 299Ø DATA...) $663, qui cherche le premier Ø ou " : " situé après le caractère courant.

Dans les deux cas (CALL et BRANCH), le nom serait traité par la routine $AØA, qui le rangerait en $657A (voir la routine $A48) ; le nom serait ensuite cherché dans le programme de la même manière qu'une étiquette numérique est cherchée par la routine $4AØ (voir GOTO).

# 7
# Les sprites

On désigne par "sprite" ("lutin" en français) un motif graphique programmable mobile sur l'écran.

Le déplacement s'effectue toujours sans modification ou effacement de la scène, c'est-à-dire que tout se passe comme si le sprite passait devant le décor ; toutes les rencontres avec des objets fixes de la scène ou avec d'autres sprites sont détectées automatiquement.

L'utilisation de sprites facilite donc énormément l'écriture de programmes d'animation graphique ; elle autorise de plus des animations de qualité : formes et couleurs entièrement programmables, mouvements continus à vitesse quelconque, etc...

La gestion des sprites est pratiquement toujours effectuée par un circuit spécialisé ; celui-ci n'existant pas sur les TO7, nous présentons ici une méthode entièrement logicielle, se présentant sous la forme d'une routine de 340 octets ; elle permet l'animation d'un nombre quelconque de sprites différents, choisis ici de taille 16 × 16 points (facilement modifiable).

# I. Animation graphique classique

Lorsqu'on désire animer des objets graphiques sur l'écran, on doit effectuer les opérations suivantes :

1. Calcul à partir des coordonnées courantes $(x_0, y_0)$ de la nouvelle position $(x_1, y_1)$,
2. Effacement de l'objet, situé en $(x_0, y_0)$ (affichage d'un caractère "espace" ou d'un rectangle (BOXF) de couleur "fond"),
3. Dessin du nouvel objet, en $(x_1, y_1)$,
4. $x_1 \rightarrow x_0$ ; $y_1 \rightarrow y_0$
5. Retour au début.

On a ainsi un temps minimal entre l'effacement et le nouveau dessin ; on obtient donc un mouvement le moins "saccadé" et "clignotant" possible, mais non idéal dans tous les cas.

De plus, le déplacement de formes quelconques, non limitées à de simples rectangles, impose l'affichage (par LOCATE et PRINT) de caractères utilisateurs ; le mouvement ne peut donc s'effectuer que de 8 points en 8 points (25 lignes, 4Ø colonnes) et non de manière continue.

# II. Instruction SPRITE

Elle permet d'éviter tous les inconvénients précédents, et elle accélère considérablement l'exécution de l'animation.

## 1. Syntaxe-action

Notre instruction peut se présenter sous deux formes différentes :

**a) Forme normale** :

**SPRITE numéro – (x, y) [, couleur]**

Le sprite dont le numéro est spécifié (de Ø à 15 ici) est effacé automatiquement (par restauration de la scène présente initialement à l'emplacement du sprite) s'il était actif, et immédiatement redessiné au nouvel emplacement (x, y); le décor présent à cet endroit est sauvegardé.

Le numéro peut être spécifié sous la forme d'une constante, d'une variable ou d'une fonction.

x et y désignent les coordonnées du coin supérieur gauche du sprite (Ø à 319 pour l'abcisse x, Ø à 199 pour l'ordonnée y).

Si le paramètre "couleur" est absent, le dessin du sprite est effectué dans la couleur courante (modifiable par l'instruction COLOR); dans le cas contraire, c'est la couleur spécifiée qui est utilisée.

Enfin, dans le cas où le sprite recouvre au moins un point de "forme" (bit à 1 dans la mémoire écran "forme"), la mémoire d'adresse $BFFD est mise à Ø; elle contient −1(&HFF) dans le cas contraire.

**b) Désactivation** :

**SPRITE numéro**

Le sprite dont le numéro est spécifié est désactivité ; il y a alors seulement effacement, toujours par restauration de la scène initiale.

La première utilisation d'un sprite réalise automatiquement l'activation de celui-ci ; il n'y a alors pas d'effacement.

## 2. Dessin et définition d'un sprite

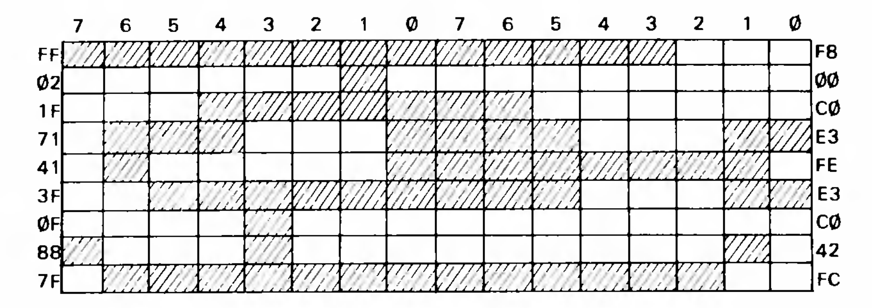
Chaque sprite comporte ici 16 × 16 points.

Le sprite de numéro NUM est défini par les 4 caractères utilisateurs de numéro 4 *NUM + 3 à 4 * NUM, un point "allumé" correspondant à un bit à 1.

GR$(4 * NUM + 3) définit les quatre premières lignes du sprite, GR$(4 * NUM + 2) et GR$(4 *NUM + ) les 8 suivantes, et enfin GR$(4 * NUM) les 4 dernières.

Grâce à cette convention, les lignes de chaque sprite sont placées correctement en mémoire (après inversion en $BD4B de chaque couple d'octets) : voir la deuxième partie pour la représentation des caractères utilisateurs.

***Exemple*** : Soit le petit hélicoptère suivant :




Le sprite correspondant, de numéro 2 par exemple, sera donc défini par les instructions suivantes :

```
10 CLEAR,&HB3FF,12
20 DEFGR$(11)=255,248,2,0,31,192,113,227
30 DEFGR$(10)=65,254,63,227,15,192,136,66
40 DEFGR$(9)=127,252,0,0,0,0,0,0
50 DEFGR$(8)=0,0,0,0,0,0,0,0
```

REMARQUE : On verra au paragraphe III que l'on peut associer 2 (ou plus) sprites pour créer des motifs de 32 × 16 points.

## 3. Gestion des sprites

Chacun des 16 sprites est géré de la manière suivante :

**a) 48 octets** contiennent les 16 lignes correspondant au motif du sprite, décalé à droite de r positions (r étant égal au reste de la division de l'abcisse x par 8, puisque la mémoire écran est constituée de segments de 8 points).

On obtient donc 3 octets pour chaque segment de 16 points du sprite, que l'on permutera avec les octets correspondants de la mémoire écran (mémoire de forme) pour dessiner le sprite, et pour permettre la restauration ultérieure de la scène initiale.

Ces 48 octets sont situés ici en $B4ØØ pour le premier sprite, en $B46Ø pour le second, ..., jusqu'à $B9AØ pour le 16e.

REMARQUE : Si un des 3 octets d'un segment du sprite décalé ne contient aucun point de celui-ci, on le remplace par l'octet correspondant de la mémoire de forme ; à cet emplacement l'écran ne sera donc pas modifié par le dessin du sprite, ce qui est normal.

**b) 48 octets** décrivent de même la couleur des 16 segments du sprite ; ils sont eux aussi permutés avec les octets correspondants de la mémoire écran (mémoire de couleur) lors de l'affichage du sprite.

Ces 48 octets sont situés ici en $B43Ø pour le premier sprite, en $B49Ø pour le second, ..., jusqu'à $B9DØ pour le 16e.

REMARQUE : pour chaque octet, la couleur de forme (bits 3, 4, 5, et 6 pour le TO7-7Ø) est celle du sprite, sauf s'il n'existe pas de points de celui-ci dans l'octet "forme" de l'écran à cet endroit ; on prend alors bien sûr la couleur "forme" de l'écran à cet endroit.

La couleur de fond de chaque octet (bits 0, 1 et 2, et 7 pour le TO7-7Ø) est celle de l'écran à l'endroit correspondant, sauf si l'octet U formé de la réunion de l'octet écran "forme" et du sprite décalé ne contient que des points de forme (U=&HFF) ; c'est alors la couleur *forme* de l'écran à cet endroit qui est prise comme couleur de fond, ce qui est là aussi normal (sprite passant dans une zone de couleur, dessinée par exemple par BOXF avec une couleur positive).

**c) 4 octets** contiennent respectivement l'abcisse et l'ordonnée du sprite ; le premier octet de l'ordonnée (poids fort) non nul indique que le sprite est non actif.

Ces octets sont situés ici en $BECØ pour le premier sprite, $BEC4 pour le second, ..., jusqu'à $BEFC pour le 16e.

## 4. La routine

Elle détermine d'abord les adresses des zones de gestion du sprite concerné, puis en $BD19 celle du début des 4 caractères utilisateurs correspondant au sprite (utilisation de l'adresse contenue en $612A : voir deuxième partie).

Après restauration de la scène présente initialement à l'emplacement du sprite (appel en $BD34 du sous-programme de permutation entre la mémoire écran et la zone des 96 octets correspondants au sprite), l'image

du nouveau sprite est construite dans les 2 × 48 octets prévus pour l'affichage : en $BD39, la forme est obtenue par décalage à droite des caractères utilisateurs correspondants ; en $BD84, la couleur est construite comme vu précédemment.

Il y a alors permutation en $BDBA entre ces octets et la mémoire écran.

La routine est la suivante :

```
BCB3   86    FF       LDA   #$FF        -1→A
BCB5   B7    BFFD     STA   $BFFD       Détectera collisions
BCB8   BD    0815     JSR   $0815       Positionne sur n°
BCBB   BD    0770     JSR   $0770       Traite n° sprite
BCBE   BD    0EBB     JSR   $0EBB       Conversion en entier
BCC1   34    12       PSHS  A,X         N° et car. courant→S
BCC3   27    07       BEQ   $BCCC       Désactivation
BCC5   108E  00C8     LDY   #$00C8      200⇒hors écran
BCC9   BD    355C     JSR   $355C       Traite coord.,couleur
BCCC   EC    61       LDD   1,S         N° sprite→D
BCCE   C1    0F       CMPB  #$0F        ≤15 ?
BCD0   23    03       BLS   $BCD5       Oui
BCD2   7E    0B8C     JMP   $0B8C       Non⇒FC Error
BCD5   58             LSLB
BCD6   58             LSLB              Numéro *4→D
BCD7   C3    BEC0     ADDD  #$BEC0
BCDA   DD    63       STD   $63         Adr. abscisse→$63
BCDC   5C             INCB
BCDD   5C             INCB
BCDE   DD    65       STD   $65         Adr. ordonnée→$65
BCE0   A6    62       LDA   2,S         N° sprite→A
BCE2   C6    60       LDB   #$60
BCE4   3D             MUL
BCE5   C3    B400     ADDD  #$B400
BCE8   DD    67       STD   $67         Adr. 96 octets→$67
BCEA   EC    9F6165   LDD   [$6165]     Ordonnée précédente
BCEE   DD    5C       STD   $5C         ....→$5C
BCF0   EC    9F6163   LDD   [$6163]     Abscisse précédente
BCF4   DD    5A       STD   $5A         ....→$5A
BCF6   35    12       PULS  A,X         Car.courant→A
BCF8   81    C8       CMPA  #$C8        Doit-on redessiner ?
BCFA   27    08       BEQ   $BD04       Oui⇒suite
BCFC   17    00BF     LBSR  $BDBE       Non⇒effacement
BCFF   6C    9F6165   INC   [$6165]     Désactivation
BD03   39             RTS               Fin
BD04   FC    6576     LDD   $6576       Nouvelle abscisse x
BD07   ED    9F6163   STD   [$6163]     Reste de x/8
BD0B   C4    07       ANDB  #$07        nbre.décalages+1
```

```
BD0D  5C            INCB
BD0E  D7    56      STB   $56
BD10  D7    57      STB   $57
BD12  FC    6578    LDD   $6578       Nouvelle ordonnée y
BD15  ED    9F6165  STD   [$6165]
BD19  1F    10      TFR   X,D         N° sprite→D
BD1B  86    20      LDA   #$20
BD1D  3D            MUL               32*num.
BD1E  CB    21      ADDB  #$21
BD20  D3    2A      ADDD  $2A         Début zone des GR$
BD22  1F    03      TFR   D,U         (U-2) sur 1er GR$
BD24  BE    6576    LDX   $6576       x→X
BD27  10BE  6578    LDY   $6578       y→Y
BD2B  BD    F966    JSR   $F966       TO7 : adr.dans écran
BD2E  D     5C      TST   $5C         Sprite actif ?
BD30  26    07      BNE   $BD39       Non⇒suite
BD32  34    50      PSHS  X,U         Sauvegarde
BD34  17    0087    LBSR  $BDBE       Restaure décor...
BD37  35    50      PULS  X,U         ...et efface sprite
BD39  9F    58      STX   $58         Adr. dans mem. écran
BD3B  109E  67      LDY   $67         Adr. zone forme→Y
BD3E  BD    F161    JSR   $F161       TO7 : mem.forme
BD41  86    10      LDA   #$10        16 lignes à traiter
BD43  97    55      STA   $55
BD45  D6    56      LDB   $56         Nbre. décalages+1
BD47  D7    57      STB   $57
BD49  EC    C3      LDD   ,--U        1 segment GR$→D
BD4B  1E    89      EXG   A,B         Dans bon ordre
BD4D  F     5A      CLR   $5A         Pour décalage
BD4F  A     57      DEC   $57
BD51  27    06      BEQ   $BD59       Décalage terminé
BD53  44            LSRA              Décalage (3 octets)
BD54  56            RORB
BD55  6     5A      ROR   $5A
BD57  20    F6      BRA   $BD4F       Boucle
BD59  ED    A4      STD   ,Y          Range sprite décalé
BD5B  96    5A      LDA   $5A
BD5D  A7    22      STA   2,Y
BD5F  C6    03      LDB   #$03        3 octets à traiter
BD61  A6    A4      LDA   ,Y          1 octet de forme
BD63  34    02      PSHS  A
BD65  AA    84      ORA   ,X          Sprite U écran→A
BD67  6D    A0      TST   ,Y+         Octet sprite vide ?
BD69  26    03      BNE   $BD6E       Non⇒suite
BD6B  A7    3F      STA   -1,Y        Remplacé par écran
BD6D  4F            CLRA
BD6E  A7    A82F    STA   47,Y        A→zone couleur
BD71  35    02      PULS  A           Forme sprite→A
```

```
BD73   A4    80     ANDA  ,X+       Collision avec formes ?
BD75   27    03     BEQ   $BD7A     Non
BD77   7F    BFFD   CLR   $BFFD     Oui⇒0→$BFFD
BD7A   5A           DECB            3 octets traités ?
BD7B   26    E4     BNE   $BD61     Non⇒boucle
BD7D   30    8825   LEAX  37,X      ligne suivante écran
BD80   A     55     DEC   $55       Terminé ?
BD82   26    C1     BNE   $BD45     Non⇒ligne suivante
BD84   86    10     LDA   #$10      16 lignes à traiter
BD86   97    55     STA   $55       ..pour couleur
BD88   9E    58     LDX   $58
BD8A   7A    E7C3   DEC   $E7C3     Sélect.mem.couleur
BD8D   B6    6038   LDA   $6038     Couleur sprite...
BD90   48           LSLA
BD91   48           LSLA
BD92   48           LSLA            →bits 5,4,3(forme)
BD93   97    56     STA   $56
BD95   C6    03     LDB   #$03      3 octets à traiter
BD97   A6    80     LDA   ,X+       Couleur écran→A
BD99   6D    A4     TST   ,Y
BD9B   27    11     BEQ   $BDAE     Pas de pts.du sprite
BD9D   84    C7     ANDA  #$C7      Garde couleur fond
BD9F   9A    56     ORA   $56       Couleurs fond+forme
BDA1   6C    A4     INC   ,Y        A-t'on U=FF ?
BDA3   26    09     BNE   $BDAE     Non⇒terminé
BDA5   A6    1F     LDA   -1,X      Couleurs écran→A
BDA7   84    38     ANDA  #$38      Garde couleur forme
BDA9   44           LSRA
BDAA   44           LSRA
BDAB   44           LSRA            →bits 0,1,2(fond)
BDAC   9A    56     ORA   $56       Couleurs fond+forme
BDAE   A7    A0     STA   ,Y+       Rangement couleurs
BDB0   5A           DECB            3 octets traités ?
BDB1   26    E4     BNE   $BD97     Non⇒boucle
BDB3   30    8825   LEAX  37,X      ligne suivante écran
BDB6   A     55     DEC   $55       16 lignes traitées ?
BDB8   26    DB     BNE   $BD95     Non⇒ligne suivante
BDBA   9E    58     LDX   $58       Oui
BDBC   20    0A     BRA   $BDC8     Permut.écran-zone
BDBE   9E    5A     LDX   $5A       Abscisse précédente
BDC0   109E  5C     LDY   $5C       Ordonnée précédente
BDC3   BD    F966   JSR   $F966     TO7 :adr. dans écran
BDC6   9F    58     STX   $58
BDC8   109E  67     LDY   $67       Adr.zone 96 octets
BDCB   BD    F161   JSR   $F161     TO7 :mem.forme
BDCE   86    10     LDA   #$10      16 lignes à permuter
BDD0   97    55     STA   $55
BDD2   EE    84     LDU   ,X        2 octets écran
```

```
BDD4   EC   A4     LDD    ,Y          2 octets sprite
BDD6   EF   A1     STU    ,Y++
BDD8   ED   84     STD    ,X
BDDA   A6   02     LDA    2,X         3e octet écran
BDDC   E6   A4     LDB    ,Y          3e octet sprite
BDDE   A7   A0     STA    ,Y+
BDE0   E7   02     STB    2,X
BDE2   30   8828   LEAX   40,X        Ligne suivante écran
BDE5   8C   5F40   CMPX   #$5F40      Sort-on de l'écran ?
BDE8   24   04     BHS    $BDEE       Oui⇒terminé
BDEA   A    55     DEC    $55         16 lignes traitées ?
BDEC   26   E4     BNE    $BDD2       Non⇒boucle
BDEE   B6   E7C3   LDA    $E7C3
BDF1   44          LSRA               BitØ→C
BDF2   24   07     BHS    $BDFB       C=Ø⇒terminé
BDF4   7A   E7C3   DEC    $E7C3       Sélect.mem.couleur
BDF7   9E   58     LDX    $58
BDF9   20   D3     BRA    $BDCE       Perm.coul.écran-zone
BDFB   39          RTS
```

REMARQUE : La routine devra être légèrement modifiée pour le TO7-7Ø : adresses de gestion déplacées éventuellement, adresses $F966 et $F161 du moniteur à remplacer par $EF15 et $F328 : $F966 place dans X l'adresse de l'octet de la mémoire écran contenant le point de coordonnées (X, Y) ; $F161 envoie 1 dans le bit Ø de $E7C3, ce qui sélectionne la mémoire de forme : voir 2e partie).

## 5. Mise en œuvre

Tous les sprites doivent être désactivés au départ ; ceci sera réalisé en ajoutant une instruction JSR DESACT dans le sous-programme d'initialisation, DESACT($BCA8 ici) étant l'adresse d'une petite routine initialisant les poids forts des ordonnées ($BEC2, BEC6, ..., BEFE) avec une valeur non nulle.

On utilisera pour celà les instructions suivantes :

```
BCA8   8E   BEC2   LDX    #$BEC2      Ordonnée 1er sprite
BCAB   86   1F     LDA    #$1F        Pour compter
BCAD   A7   81     STA    ,X++
BCAF   4A          DECA               Terminé ?
BCB0   26   FB     BNE    $BCAD       Non⇒continuer
BCB2   39          RTS                Oui
```

On ajoutera donc au programme de création les lignes suivantes :

```
1715 DATA BD,BCA8                        'Desactivation sprites
2600 DATA SPRITE,&HBCA8,8E,BEC2,86,1F,A7,81,4A,26,FB,39
2610 DATA 86,FF,B7.....,20,D3,39,FIN SPRITE
```

Enfin, on ajoutera en 299Ø le nom (SPRITE) et l'adresse ($BCB3) de la routine.

## 6. Exemple

Après sauvegarde (SAVEM "ROUT", &HBAØ1, &HBFCC, Ø) de la routine accompagnée de l'initialisation et des tables de noms, on pourra animer l'hélicoptère précédent par le petit programme suivant :

```
400 CLEAR,&HB3FF,12:LOADM "ROUT":EXEC&HBA01
410 DEFGR$(11)=255,248,2,0,31,192,113,227
420 DEFGR$(10)=65,254,63,227,15,192,136,66
430 DEFGR$(9)=127,252,0,0,0,0,0,0
450 DEFGR$(8)=0,0,0,0,0,0,0,0
500 Y=RND(1)*185:C=RND(1)*8
510 FOR X=304 TO 0 STEP -2
520 SPRITE 2-(X,Y),C
530 IF PEEK(&HBFFD)=0 THEN BEEP     'Collision
540 FOR I=1 TO 30:NEXT              'Ralentissement
550 NEXT:GOTO500
```

On constatera que l'hélicoptère se déplace sans effacer les formes qu'il recouvre dans son mouvement ; toutes les "collisions" avec l'une d'entre elles provoquent ici l'émission d'un "bip" sonore, bien sûr sans que le mouvement soit stoppé.

Enfin, la couleur du sprite change à chaque trajet.

# *III. Application aux jeux d'action*

Nous donnons ici un exemple simple, que l'on pourra compléter à loisir : sonorisation, dessin de nuages dans le ciel, effet d'explosion, contrôle du

second hélicoptère par un second joueur (voir la routine transformant le clavier, dans la 4ᵉ partie), etc...

Le jeu consiste à lacher une bombe (par appui sur une touche quelconque du clavier), qui tombe en chute libre selon la parabole normale; elle doit atteindre l'hélicoptère qui passe en sens inverse dans le bas de l'écran.

Le programme utilise 4 sprites différents, le 1ᵉʳ et le 4ᵉ étant associés pour créer un motif (hélicoptère) de 32 × 16 points; on notera à la ligne 270 la désactivation initiale du 1ᵉʳ sprite, ce qui permet une animation correcte du motif.

Le programme est le suivant:

```
10 CLEAR,&HB3FF,16:LOADM:EXEC&HBA01:CLS
20 DEFGR$(3)=7,255,7,255,0,0,0,0
30 DEFGR$(2)=0,15,192,15,240,63,112,63
40 DEFGR$(1)=63,255,63,255,112,63,240,63
50 DEFGR$(0)=192,15,0,15,0,12,0,12
60 DEFGR$(7)=14,0,3,0,3,254,15,255
70 DEFGR$(6)=3,254,3,0,14,0,0,0
72 DEFGR$(5)=0,0,0,0,0,0,0,0
74 DEFGR$(4)=0,0,0,0,0,0,0,0
80 DEFGR$(11)=255,248,2,0,31,192,113,227
90 DEFGR$(10)=65,254,63,227,15,192,136,66
100 DEFGR$(9)=127,252,0,0,0,0,0,0
110 DEFGR$(8)=0,0,0,0,0,0,0,0
120 DEFGR$(15)=255,255,255,255,112,0,112,0
130 DEFGR$(14)=255,192,255,192,192,248,192,252
140 DEFGR$(13)=192,12,192,12,255,248,255,240
150 DEFGR$(12)=255,192,255,192,0,192,0,192
190 SC=0:FOR NTIR= 0 TO 19
200 A$=INKEY$:SPRITE0-(0,50):CLS
210 BEEP:LOCATE0,0,0:COLOR0,3:PRINT"SCORE  : ";SC;"SUR";N
TIR:COLOR4,6
220 YJ=80*RND(1)+10
230 YC=RND(1)*50+130
240 YB=YJ+16:TIR=0
250 FOR XJ=0 TO 288 STEP 3+RND(1)/2
260 XJ2=XJ+16:IF TIR =0 THEN TIR=-(INKEY$<>"")*.08 ELSE
 YB=YB+TIR:TIR=TIR+.16
270 SPRITE0:SPRITE3-(XJ2,YJ):SPRITE0-(XJ,YJ):SPRITE1-(X
J+9,YB)
280 IF PEEK(&HBFFD) THEN SPRITE2-(304-XJ,YC),1:NEXT XJ
290 SPRITE1:SPRITE2:SPRITE3:CLS
300 IF YB>179 OR YB<110 GOTO 340
305 IF XJ>280 GOTO 340
```

```
310 SCREEN0,1,1:SC=SC+1
315 PRINT:PRINT:ATTRB1,1:PRINT"TOUCHE...":ATTRB0,0
320 BEEP:FOR I=0 TO 1500:NEXT
330 SCREEN4,6,6
340 NEXT NTIR
350 BEEP:LOCATE0,0,0:PRINT"SCORE :";SC;"SUR";NTIR
360 PRINT:PRINT:INPUT"UNE AUTRE PARTIE(O/N) ";A$
370 IF A$="O" GOTO190
380 END
```

# 8

# Résumé de la troisième partie

Nous avons donné un programme BASIC permettant de créer un nombre quelconque de fonctions ou instructions nouvelles, que l'on peut utiliser ensuite exactement comme celles d'origine.

Nous avons présenté alors un certain nombre d'applications permettant d'utiliser :

— les fonctions FNR et FND de conversion degrés-radiants,

— les boucles WHILE...WEND,

— l'instruction INC d'incrémentation rapide,

— l'instruction SWAP permutant les contenus de deux variables,

— les instructions CALL, PROC et ARG permettant d'écrire des procédures à variables (ou tableaux) locales, la récursivité étant permise,

— l'instruction SPRITE permettant d'animer des objets programmables entièrement définissables (taille, couleur, motif).

Nous donnons ci-après le listing de tous les DATA correspondants, à écrire dans le programme de création.

Rappelons que l'on pourra bien sûr écrire d'autres instructions, en s'inspirant des mêmes principes ; on veillera particulièrement à prévoir toutes les possibilités de mauvaise écriture, ou de mauvais emploi, afin d'éviter tout blocage possible du programme BASIC utilisant ces nouvelles instructions.

Pour ceux qui voudront adapter à d'autres ordinateurs les notions présentées ici, nous nous sommes efforcés d'être le plus clair et le plus général possible ; c'est ainsi que pour chaque application, nous avons donné le principe général, puis des explications sur la réalisation et le fonctionnement de la routine ; celle-ci a ensuite été commentée instruction par instruction.

Nous pensons donc que l'adaptation se révèlera rapidement simple.

**Listing des DATA** :

```
1700 DATA Initialisations,&HBA01,CC,BA40,FD,623D
1710 DATA CC,BA70,FD,6234,C3,01E,FD,6237
1715 DATA BD,BCA8
1720 DATA CC,BF19,FD,6207,B6,BF00,B7,6206,86,7E,B7,6273
,1F,50,C3,007,FD,6274,39
1730 DATA 8E,BF01,80,A7,2A,3,7E,7F3,7E,2B38,FIN
1990 '
1995 'Routines
2000 DATA Fonctions,&HBA40,9D,B2,34,2,9D,B2,BD,7DE,BD,2
52B,BD,1C81,CC,7B8E,DD,55,F,5D,CC,FA35,DD,57,35,2,81,52
,26,3,7E,25B6,81,44,26,3,7E,920,7E,7F3,FIN
2095 '
2100 DATA WHILE-WEND,&HBA70,32,62,C6,4,BD,3,36,DE,B9,9E
,2C,34,50,BD,16AC,9E,78,9F,2C,9D,B2,DE,B9,86,AF,34,42,8
D,0
2110 DATA 32,62,AE,61,9C,B9,27,5,C6,19,7E,353,AE,65,9F,
B9,BD,81A,BD,1CC8,27,7,AE,63,9F,2C,7E,2AED,AE,61,32,67,
7E,1669,FIN WEND
2195 '
2200 DATA INC,&HBAB8,BD,A48,9F,3F,9D,B8,26,11,8E,2380,9
D,CD,2A,3,8E,F9CA,BD,1C08,C,55,20,E,96,5,34,2,9D,CA,BD,
81A,35,2,BD,2510,9E,3F,BD,24FD,29,A,24,6,AE,84,9F,65,20
,5,C,3,BD,1ABF,BD,2590,7E,1C36,FIN
2295 '
2300 DATA SWAP,&HBAFC,BD,800,32,78,10DF,3F,96,5,9E,3D,3
4,12,BD,737,9D,CA,BD,800,96,5,97,42,35,12,9F,3F,BD,734,
1F,41,BD,803,96,42,9E,3D,9F,3F,BD,734,32,68,39,FIN
2395 '
```

```
2400 DATA CALL,&HBB30,C6,7,BD,336,9E,22,BF,BFFE,10[illegible]
,9E,2C,86,3B,34,32,9D,B8,BD,6FD,BD,7E6,C6,6,BD,336,9D,B
8,4C,27,21,81,85,26,6,8D,58,8A,C0,20,23,BD,81A,96,5,1F,
89,CB,3,50,30,E5,34,12,9F,3F,1F,14,BD,737,20,E
2405 DATA 9D,B2,C6,AB,9D,D0,8D,2F,27,2,8A,80,34,12,9D,B
8,81,29,27,4,9D,CA,20,BD,DE,1E,109E,20,1F,41,DC,8C,83,0
07,34,76,86,C0,34,2,9E,22,BC,BFFE,26,34,BD,629,7E,2AED
2410 DATA 9D,B8,81,84,26,6,86,1,97,7,9D,B2,BD,A48,D6,7,
27,6,4D,27,3,7A,BFFE,96,5,F,7,5D,39,FIN CALL
2500 DATA PROC,&HBBCC,81,80,27,6C,BD,7E6,35,40,35,22,81
,C0,27,5,C6,11,7E,353,4C,9E,B9,34,32,34,40,9E,22,9F,1E,
9F,20,8D,BE,27,21,EE,A3,A8,A2,84,BF,4A,28,E1,BD,ACB,EE,
21,1F,10,E3,C4,DD,22,BD,33A
2510 DATA A6,C0,A7,80,9C,22,25,F8,20,1E,9F,3F,34,2,AE,A
3,A6,A2,2B,BF,97,5,9C,22,25,2,1F,12,BD,803,35,2,34,20,B
D,734,35,20,10AC,67,27,4,9D,CA,20,B4,7E,7E3
2520 DATA 9D,B2,27,1,39,86,FF,97,3F,BD,2F3,1F,14,35,42,
81,C1,27,3,7E,17A8,DF,B9,10AE,E4,17,FF52,27,18,EE,A3,A6
,A2,84,40,26,29,1F,10,E3,84,DD,57,A6,80,A7,C0,9C,57,25,
F8,20,19,EE,A3,DF,3F,1193,22,25,4,1F,32,20,C,BD,803,A6,
A2,34,20,BD,734,35,20
2530 DATA 9D,B2,10AC,62,26,C3,35,76,1F,4,9E,1E,9F,22,10
9F,20,DF,1E,A6,E4,7E,64C,FIN PROC
2595 '
2600 DATA SPRITE,&HBCA8,8E,BEC2,86,1F,A7,81,4A,26,FB,39
2610 DATA 86,FF,B7,BFFD,BD,815,BD,770,BD,EBB,34,12,27,7
,108E,0C8,BD,355C,EC,61,C1,F,23,3,7E,B8C,58,58,C3,BEC0,
DD,63,5C,5C,DD,65,A6,62,C6,60,3D,C3,D400,DD,67
2620 DATA EC,9F6165,DD,5C,EC,9F6163,DD,5A,35,12,81,C8,2
7,8,17,0BF,6C,9F6165,39
2630 DATA FC,6576,ED,9F6163,C4,7,5C,D7,56,D7,57,FC,6578
,ED,9F6165,1F,10,86,20,3D,CB,21,D3,2A,1F,3,BE,6576,10BE
,6578,BD,F966,D,5C,26,7,34,50,17,087,35,50,9F,58,109E,6
7,BD,F161,86,10,97,55
2640 DATA D6,56,D7,57,EC,C3,1E,89,F,5A,A,57,27,6,44,56,
6,5A,20,F6,ED,A4,96,5A,A7,22,C6,3,A6,A4,34,2,AA,84,6D,A
0,26,3,A7,3F,4F,A7,A82F,35,2,A4,80,27,3,7F,BFFD,5A,26,E
4,30,8825,A,55,26,C1
2650 DATA 86,10,97,55,9E,58,7A,E7C3,B6,6038,48,48,48,97
,56,C6,3,A6,80,6D,A4,27,11,84,C7,9A,56,6C,A4,26,9,A6,1F
,84,38,44,44,44,9A,56,A7,A0,5A,26,E4,30,8825,A,55,26,DB
,9E,58,20,A
2660 DATA 9E,5A,109E,5C,BD,F966,9F,58,109E,67,BD,F161,8
6,10,97,55,EE,84,EC,A4,EF,A1,ED,84,A6,2,E6,A4,A7,A0,E7,
2,30,8828,8C,5F40,24,4,A,55,26,E4,B6,E7C3,44,24,7,7A,E7
C3,9E,58,20,D3,39,FIN SPRITE
2950 DATA FIN des routines
2990 DATA INC,&HBAB8,SWAP,&HBAFC,CALL,&HBB30,PROC,&HBBC
C,ARG,&H7F3,SPRITE,&HBCB3,FIN
```

**Résultat de l'exécution du programme de création :**

```
ROUTINE Initialisations
 Debut:BA01      Fin:BA3C      Somme: 7153

ROUTINE Fonctions
 Debut:BA40      Fin:BA6D      Somme: 4888

ROUTINE WHILE-WEND
 Debut:BA70      Fin:BAB4      Somme: 7613

ROUTINE INC
 Debut:BAB8      Fin:BAF9      Somme: 6044

ROUTINE SWAP
 Debut:BAFC      Fin:BB2D      Somme: 4245

ROUTINE CALL
 Debut:BB30      Fin:BBCB      Somme: 15720

ROUTINE PROC
 Debut:BBCC      Fin:BCA6      Somme: 22239

ROUTINE SPRITE
 Debut:BCA8      Fin:BDFB      Somme: 38613

 Implantation terminee...
 Enregistrer de BA01 a BFCC (par SAVEM)
```

**Cas du TO7-7Ø :**

Les valeurs soulignées seront remplacées par EA24 à la ligne 22ØØ, et par EF15 et F328 aux lignes 263Ø et 266Ø : voir pages 110 et 141.

REMARQUE : Toutes les adresses d'implantation données en tête des routines seront changées dans le cas du TO7 de base (fin de la RAM en $7FFF), et éventuellement aussi pour le TO7-7Ø si on veut bénéficier de toute la mémoire disponible (fin en $DFFF).

On veillera alors bien sûr à modifier la ligne 299Ø, ainsi que les adresses écrites dans le sous-programme d'initialisation (et en particulier aux lignes 172Ø et 173Ø : voir les remarques du chapitre IV) et dans les routines correspondant à CALL et SPRITE.

## Quatrième partie

# AMÉLIORER LES PERFORMANCES

Nous avons vu dans la 2e partie qu'à chaque rencontre par l'interpréteur d'un nom de variable ou de tableau, il y a "balayage" des zones correspondantes jusqu'à trouver le nom en question.

Il en est de même pour les étiquettes de branchement, recalculées et recherchées dans le programme à chaque fois.

Il en résulte évidemment une chute des performances par rapport à celles qu'offrirait un compilateur, où tout ce travail (et toute la traduction en langage machine) est effectué une fois pour toutes, préalablement à l'exécution.

Par contre, ce mode de traitement permet un travail "conversationnel" extrêmement souple et agréable, puisque les modifications d'un programme en cours de mise au point sont prises en compte immédiatement, chose évidemment impossible avec un compilateur.

Toutefois, un programme ayant été mis au point, il devient complètement inutile de bénéficier de la possibilité précédente.

Nous proposons donc une méthode permettant de compiler au fur et à mesure de l'exécution les adresses des variables, ainsi que les branchements et les valeurs des constantes.

Notre méthode opère automatiquement à partir du programme écrit normalement, et c'est en principe sous cette forme que celui-ci sera conservé sur bande ou disquette ; la compilation n'est mise en œuvre qu'après exécution d'un sous-programme d'initialisation, le programme pouvant bien sûr être modifié à volonté auparavant.

On constate donc que les contraintes apportées par cette compilation "interactive" sont minimales ; le résultat est une vitesse d'exécution pratiquement doublée.

Toute application qui "tourne" verra donc ses performances très nettement améliorées par l'application de notre méthode, mise en œuvre par un simple EXEC écrit au début du programme.

Nous parlerons aussi dans cette partie de l'adaptation (toujours possible) de cette méthode à d'autres micro-ordinateurs que les TO7.

Enfin, nous commencerons à voir comment modifier l'action du clavier des TO7, dont le mode normal de fonctionnement est tout à fait inadapté à certains cas (jeux en particulier).

# 1

# Modification du fonctionnement du clavier

Tous les jeux opérant en "temps réel" se présentent sous la forme d'une boucle, dans laquelle on lit le clavier ou les manettes de jeu ; en fonction du résultat de la lecture, une action (déplacement d'un objet par exemple) est effectuée et ses conséquences analysées (collision ou non...), après quoi il y a retour au début de la boucle.

Le clavier des TO7 est malheureusement très mal adapté à ce type de fonctionnement puisqu'en cas d'appui continu sur une touche, il y a en permanence décodage de celle-ci, ce qui provoque à chaque fois une temporisation et l'émission d'un "bip" sonore ; celà est désagréable, et ralentit surtout énormément le déroulement du programme.

Nous allons voir qu'il est facile de supprimer cet inconvénient, à partir des observations de la deuxième partie.

## *I. Suppression de l'action du clavier*

Il est possible de supprimer les "bips" émis en rafale en cas d'appui continu sur une touche en intervenant sur le registre de contrôle $E7C1 du

port P du circuit 6846 du TO7 ; il suffit en effet de faire pour celà *POKE &HE7C1,Ø* ; réciproquement, *POKE &HE7C1,48* permet de revenir à la situation normale.

Pour le TO7-7Ø, il suffit de mettre à 1 (par *POKE &H6Ø73,1*) le registre BUZZ du moniteur.

Ceci ne résout pas notre problème, puisqu'il y a toujours décodage des touches appuyées et temporisation, d'où ralentissement très sensible de l'exécution.

Or, on a vu dans la 2e partie qu'à chaque nouvelle instruction du BASIC, il y a appel en $2AFØ de la routine $32BB de surveillance du clavier ; celle-ci commence par un appel de $6294, où on trouve 3 octets disponibles (voir 3e partie), le premier contenant RTS.

En $6294, la pile S contient donc l'adresse $2AF3 (retour de $32BB), puis $32BE au sommet (retour de $6294) ; si on dépile cette dernière adresse, un RTS provoquera le retour directement en $2AF3, sans exécution de la routine $32 BB.

Pour supprimer la surveillance du clavier à chaque instruction BASIC exécutée, il suffit donc d'écrire en début de programme :

```
POKE &H6295,98:POKE &H6296,57:POKE &H6294,5Ø
```

Ceci correspond en effet à LEAS 2,S/RTS.

On remarquera que ceci ne modifie en rien le fonctionnement des instructions INPUT et de la fonction INKEY$, qui restent donc parfaitement utilisables.

REMARQUE 1 : Il faut modifier $6294 en dernier et non en premier, car il y a appel de $6294 entre chaque POKE, d'où "plantage" si on commence à implanter le LEAS avant d'avoir implanté la partie adresse.

REMARQUE 2 : Les touches STOP et CNT/C ne provoqueront bien sûr plus l'arrêt du programme, qui devra être éventuellement stoppé par la touche "Initialisation" ; ceci ne comporte aucun inconvénient (taper le "1" du menu pour revenir au programme).
Pour revenir au fonctionnement normal du clavier, on fera un simple :

```
POKE &H6294,&H39 (code de RTS)
```

***Exemple d'application***

Dans la boucle d'un programme temps réel, un INKEY$ ou INP
INPUT fonctionnera exactement comme d'habitude, mais le clavier
lu que lors de l'instruction correspondante.

En cas d'appui continu sur une touche (par exemple pour un jeu dev
déplacer un mobile : raquette, ou vaisseau spatial, etc...), il n'y aura donc plus le ralentissement de l'exécution, et l'émission des "bips" en rafale.

Nos seuls trois POKE rendront donc beaucoup plus agréable l'utilisation de tous les programmes de ce type.

## *II. Jeux à un ou deux joueurs par le clavier*

### 1. Le problème

Nous allons traiter le cas où l'on désire pouvoir déplacer un mobile à partir du clavier, 2 joueurs pouvant jouer en même-temps, l'un avec les touches de déplacement du curseur, l'autre avec les touches A,Q,S et W situées sur la gauche du clavier.

Pour jouer à partir des touches de déplacement du curseur, on doit normalement écrire :

```
A$=INKEY$:IF A$="" GOTO α1
ON ASC(A$)-7 GOTO α2,α3,α4,α5
```

Ceci ne permet pas les déplacements en diagonale et le jeu à deux joueurs, et est sensiblement plus lent que le simple :

```
ON STICK(I) GOTO...
```

que l'on peut utiliser avec les manettes de jeu.

Nous allons donc écrire en langage machine une routine appelée par USRØ et retournant exactement les mêmes valeurs que l'instruction STICK ; on pourra donc remplacer toute utilisation de STICK par le simple mot USRØ, permettant de se passer des manettes de jeu, avec un fonctionnement et une rapidité exactement équivalents (au prix il est vrai d'une manipulation un peu moins agréable).

Les déplacements en diagonale seront simplement obtenus par l'appui simultané sur 2 touches ; par exemple, ↑ et →, ou A et S, correspondra à un déplacement selon ↗, codé 2.

L'appel du USRØ(Ø) correspondra au décodage des 4 touches de déplacement du curseur ; l'appel de USRØ(x) avec x≠Ø décodera les touches A,Q,S et W logiquement disposées, c'est-à-dire A correspondant à ↑, Q à←, S à→ et W à ↓.

Les valeurs retournées (les mêmes que par STICK) sont les suivantes :

```
      1
  8 ↖ ↑ ↗ 2
  7 ← Ø → 3
  6 ↙ ↓ ↘ 4
      5
```

## 2. La routine

Le décodage des touches utilise l'organisation matricielle du clavier, vue dans la 1ère partie ; si on place par exemple la valeur &HFB en $E7C9, le bit 3 de $E7C8 sera à Ø si la touche Q est appuyée, etc...

La routine est la suivante :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| BD3Ø | 8D | 24C3 | JSR | $24C3 | Conversion argument |
| BD33 | 86 | FE | LDA | #$FE | Ø→bitØ(TO7) |
| BD35 | B7 | E7C9 | STA | $E7C9 | |
| BD38 | CC | Ø2ØB | LDD | #$Ø2ØB | 2=$\overline{FD}$ |
| BD3B | 8E | ØØØØ | LDX | #$ØØØØ | |
| BD3E | D | 58 | TST | $58 | Joueur à droite ? |
| BD4Ø | 26 | Ø8 | BNE | $BD4A | A,Q,W ou S |
| BD42 | 8D | 32 | BSR | $BD76 | Si ↑,9→X |
| BD44 | 8D | 3Ø | BSR | $BD76 | Si←,7→X |
| BD46 | 8D | 2E | BSR | $BD76 | Si ↓,5→X |
| BD48 | 2Ø | 1Ø | BRA | $BD5A | lecture de → |
| BD4A | 4A | | DECA | | 1=$\overline{FE}$ |
| BD4B | C6 | Ø7 | LDB | #$Ø7 | |
| BD4D | 8D | 27 | BSR | $BD76 | Si W,5←X |
| BD4F | CC | 2ØØB | LDD | #$2ØØB | 2Ø=$\overline{DF}$ |
| BD52 | 8D | 22 | BSR | $BD76 | Si A,9→X |

```
BD54   86   08     LDA    #$08       8=F7
BD56   8D   23     BSR    $BD7B      Si Q,7→X
BD58   C6   05     LDB    #$05
BD5A   8C   0009   CMPX   #$0009
BD5D   26   02     BNE    $BD61
BD5F   30   18     LEAX   -8,X       Si ↑ ou A,1X
BD61   8D   13     BSR    $BD76      Si → ou S,3→X
BD63   1F   10     TFR    X,D
BD65   54          LSRB              1 ou 2 touches ?
BD66   24   01     BHS    $BD69      2 touches
BD68   59          ROLB              1 ou 3 touches
BD69   C1   08     CMPB   #$08
BD6B   23   01     BLS    $BD6E
BD6D   5F          CLRB              3 ou 4 touches
BD6E   DD   57     STD    $57
BD70   86   02     LDA    #$02       Type entier
BD72   8E   6155   LDX    #$6155     Adr.AC.flottant
BD75   39          RTS               Retour au BASIC
BD76   1A   01     ORCC   #$01       1→C
BD78   79   E7C9   ROL    $E7C9      Ligne suivante (TO7)
BD7B   C0   02     SUBB   #$02
BD7D   B5   E7C8   BITA   $E7C8      Touche lue appuyée ?
BD80   26   02     BNE    $BD84      Non appuyée
BD82   30   85     LEAX   B,X        B+X→X
BD84   39          RTS
```

REMARQUE 1 : En cas d'appui simultané sur trois touches (ou sur les quatre), il y a retour de la valeur Ø ; il en est de même si aucune touche n'est appuyée.

REMARQUE 2 : Pour le TO7-7Ø, il faut placer une valeur de Ø à 7 sur les bits Ø, 1 et 2 de $E7C9 pour sélectionner une ligne du clavier ; on devra donc modifier $BD34 (valeur Ø7 au lieu de FE) et $BD78 (DEC $E7C9 au lieu de ROL $E7C9, c'est-à-dire 7A au lieu de 79).

## 3. Utilisation

La routine précédente sera implantée dans un programme devant utiliser la lecture du clavier en écrivant au début de celui-ci les instructions suivantes :

```
10 CLEAR,&HBD00:DEFUSR0=&HBD30
20 POKE &H6295,98:POKE &H6296,57:POKE &H6294,50
30 FOR I=&HBD30 TO &HBFFF
40 READ A$:IF A$<>"FIN" THEN POKE I,VAL("&H"+A$):NEXT
2000 DATA BD,24,C3,86.....,30,85,39,FIN
```

REMARQUE 1 : à la ligne 2ØØØ, les adresses ($24C3, etc...) devront bien sûr être écrites octet par octet.
D'autre part, l'adresse $BD3Ø écrite ici est pûrement indicative.

REMARQUE 2 : si on désire économiser de la place en mémoire, par exemple pour le TO7 si on ne dispose pas de l'extension, on pourra mettre les DATA en tête du programme (lignes 1Ø, 13 et 16) et implanter la routine directement dans les DATA eux-mêmes en écrivant :

```
30 DEFUSR0=&H65FA:FOR I=&H65FA TO &H7FFF
```

## 4. Autres possibilités

Les instructions précédentes permettront d'utiliser USRØ(I) exactement comme STICK(I), les deux joueurs pouvant donc jouer simultanément, et indépendamment bien sûr !

On pourrait de même créer très facilement une routine appelée par USR1(I), lisant par exemple la touche "ENTREE" pour le joueur Ø et la touche "RAZ" pour le joueur 1 ; on pourrait ainsi remplacer exactement la fonction STRIG lisant l'état des boutons de manettes de jeu.

Pour cela, on enverra la valeur & HFD (Ø6 pour le TO7-7Ø) en $E7C9 ; selon la valeur de l'argument du sous-programme, on lira ensuite le bit 3 (touche RAZ) ou le bit 4 (touche ENTREE) de $E7C8.

# 2

# Recettes classiques d'amélioration des performances

En suivant les quelques conseils donnés ici, on pourra "sans effort" accroître sensiblement la vitesse d'exécution d'un programme, en général d'environ 10 à 15 %.

1. Écrire en début de programme les variables les plus souvent utilisées, en leur affectant une valeur (et non pas en les écrivant dans un calcul : voir 2$^{e}$ partie) ; elles seront ainsi créées au début de la zone des variables, et donc trouvées plus vite à chaque utilisation.

2. Utiliser des variables entières (définition DEFINT) chaque fois que celà est possible ; les calculs sont alors beaucoup plus simples, et donc plus rapides.

3. Utiliser l'instruction INC de la 3$^{e}$ partie pour tous les calculs du type X=X+expression.

4. Remplacer les constantes numériques souvent utilisées, et comportant 3 chiffres ou plus, par une variable (CT1, CT2, etc...) ; ceci évite de répéter le calcul de la constante, relativement long puisqu'effectué à partir des codes ASCII de chaque chiffre.

5. Essayer d'utiliser des boucles FOR ou WHILE (avec la routine de la 3e partie) au lieu de IF ou GOTO.

6. Utiliser ON au lieu de IF.

7. N'utiliser que des variables simples ou des tableaux à une seule dimension, ceci étant en principe toujours possible ; la recherche d'un élément est alors nettement plus rapide.

Un tableau à deux dimensions A(n,m) sera donc par exemple remplacé par le tableau B ((n+1)*(m+1)–1), dont tous les éléments B(K) pourront être atteints "ligne par ligne" par :

```
FOR I=Ø TO n*(m+1) STEP m:FOR K=I TO I+m-1
```

8. Ne pas écrire dans la mesure du possible la variable de contrôle d'une boucle FOR après le NEXT ; ceci permet en effet d'éviter la recherche de la variable à chaque passage par le NEXT.

On notera enfin qu'optimiser la vitesse d'exécution d'un programme conduira souvent à augmenter son occupation mémoire, et inversement !...

# 3

# Compilation intéractive des adresses de variables et des constantes

Lorsque l'interpréteur rencontre une variable dans le programme, il recherche celle-ci dans la zone correspondante, située juste après le programme lui-même ; s'il ne l'y trouve pas, la variable est ajoutée à la fin de la zone, après déplacement de la zone des tableaux (ceci dans le cas d'une affectation ou d'un FOR, etc...).

On peut en déduire qu'une variable créée en mémoire n'est jamais déplacée lors de l'exécution, quelque soit son type (numérique ou chaîne).

A partir de cette observation, nous allons voir qu'il est possible de "court-circuiter" la routine $A48 de recherche d'une variable ; on obtiendra ainsi une amélioration des performances beaucoup plus nette que celle que l'on peut obtenir par les seuls moyens précédents.

# I. La méthode

## 1. Principe

Lorsque l'interpréteur rencontre un nom de variable, nous remplaçons dans le programme lui-même le nom de la variable par son adresse ; celle-ci est donc compilée automatiquement lors de la première exécution de l'instruction correspondante.

Lorsque l'interpréteur repassera ensuite sur la même instruction (cas d'une boucle), il pourra alors aller directement à la valeur correspondante, sans aucune recherche.

## 2. Précautions à observer

Une adresse étant codée sur 2 octets, la compilation ne pourra être effectuée que si le nom de la variable comporte au moins deux caractères, ou un caractère suivi d'un espace ; déplacer la fin du programme pour ajouter un espace déplacerait en effet les variables, rendant fausses les adresses déjà compilées.

Nous avons vu d'autre part qu'on ne pouvait pas placer dans le programme lui-même les valeurs &HØ,22,3A,89 et FF (à cause de la routine $66B cherchant la fin d'une instruction, et utilisée par GOTO,IF,FOR, etc...), ou &H8F81,8FAF,C481, etc... (routine $16AD utilisée par FOR ET WHILE).

Il est évident qu'on ne peut pas non plus écrire comme premier octet d'une adresse une valeur correspondant à un code d'instruction ; par exemple après un THEN, une adresse $8Øxx serait interprétée comme étant une instruction THEN END, d'où l'arrêt du programme !

Enfin, l'interpréteur devra pouvoir distinguer une adresse (déjà compilée) d'un nom de variable non encore compilé, qui commence toujours par un octet contenant une valeur de &H41(A) à &H5A(Z) (les noms de variable sont en effet toujours codés en majuscules, même si on les écrit en minuscules) ; une adresse ne devra pas non plus être confondue avec une constante, ou une parenthèse, etc...

Finalement, le premier octet d'une adresse compilée ne pourra être compris qu'entre *&H5D et &H7F* ; on utilisera en effet les valeurs inférieures à &H2Ø pour la compilation des constantes.

Le deuxième octet devra être différent de &HØ,22,3A,89

Si une de ces deux conditions n'est pas respectée, la varia simplement pas compilée, d'où un fonctionnement "normal"

REMARQUE : La première condition est toujours vérifiée pour le TO extension mémoire ; ceci permet dans ce cas de simplifier la routine évitant le problème du déplacement évoqué ci-après.

## 3. Mise en œuvre

Toutes les variables d'un programme ont une adresse supérieure ou égale au contenu $\alpha$ de $611E (début de la zone des variables : voir 2e partie).

Au lieu d'implanter l'adresse réelle $\gamma$ d'une variable, on implantera donc la valeur $\gamma+d$, d étant un déplacement (négatif ici) égal à *#$5BØ1*$-\alpha$.

La première variable aura donc son adresse compilée par la valeur &H5BØ1, etc... ; bien entendu, une variable sera ensuite retrouvée en retranchant le déplacement d à l'adresse.

Ceci permettra de compiler un nombre maximal de variables différentes, qui pourront donc occuper 9471 octets (valeurs de &H5BØ1 à &H7FFE, &H7FFF n'étant pas compilée à cause du FF) ; ceci correspond à environ 12ØØ variables réelles différentes ; ce nombre ne sera à coup sûr jamais atteint, quelque soit l'application, et la taille du programme !

Cette constatation permet de se passer en pratique du test : "adresse compilée $\leqslant$&H8ØØØ", et ceci même dans le cas du TO7-7Ø.

Le déplacement d sera calculé une fois pour toutes en début de programme par la routine d'initialisation de la compilation.

## 4. Initialisation

Notre routine, à écrire, devra remplacer la routine $A48 de recherche d'une variable ; cette dernière commence en $A4D par une instruction JSR $6297, adresse où l'on trouve RTS suivi de 2 octets inemployés (voir 3e partie).

D'autre part, notre compilation va modifier comme on le verra le traitement des opérandes, c'est-à-dire la routine $77Ø commençant par JSR $627C.

Le sous-programme d'initialisation doit donc calculer le déplacement d, rangé ici en $BFFB, et placer en $6297 et $627C des instructions de déroutement vers les nouvelles routines.

Ces dernières ne deviendront donc actives qu'après exécution de ce sous-programme d'initialisation (par EXEC), dont le listing est le suivant :

```
BD01   CC   BE31   LDD    #$BE31     Trait. des opérandes
BD04   FD   627D   STD    $627D
BD07   C6   97     LDB    #$97       Recherche d'1 var.
BD09   FD   6298   STD    $6298
BD0C   86   7E     LDA    #$7E       Code de JMP
BD0E   B7   627C   STA    $627C
BD11   B7   6297   STA    $6297
BD14   CC   5B01   LDD    #$5B01     Première adresse
BD17   93   1E     SUBD   $1E        Début zone des var.
BD19   FD   BFFB   STD    $BFFB      Déplacement des var.
BD1C   39          RTS
```

# *II. Compilation d'une adresse*

## 1. Action de la routine

Notre routine remplace dans le programme lui-même le nom de la variable cherchée par l'adresse $\gamma = \gamma + d$ (si cette adresse est compilable), $\gamma$ étant l'adresse dans la zone des variables du premier octet précédant le nom ; cet octet contient en effet le type de la variable et le nombre de caractères du nom diminué de 1 (voir 2e partie).

Lorsque la routine est appelée pour une adresse $\gamma'$ déjà compilée (lors d'une exécution antérieure de la même instruction), il y a calcul de l'adresse $\gamma = \gamma' - d$ pointant sur le premier octet ; d'où la détermination du type, envoyé en $61Ø5, et de l'adresse du premier octet de la valeur, placée en $613D et dans le registre X ; on constate donc qu'il n'y a plus aucune recherche de la variable, d'où bien sûr accroissement de la rapidité.

Il faut noter que notre routine créé toujours les variables non encore existantes en mémoire, même écrites dans un calcul d'expression (ceci car on n'a alors plus la valeur &H8Ø3 située au sommet de la pile, mais seulement "un cran en dessous" : voir $AA2) ; ceci pourrait provoquer une erreur dans

le cas de l'affectation de la valeur d'une expression à un tableau ; ce cas est donc détecté, et l'adresse de l'élément (rangée en $613F par le début du traitement de l'affectation) co en conséquence.

Enfin, il ne peut y avoir compilation en cas d'utilisation d'un élém tableau, l'indice pouvant être une variable, prenant donc différentes va correspondant à des adresses différentes.

## 2. La routine

Elle utilise un sous-programme effectuant la compilation, placé avant la routine proprement dite ; le registre X contenant une valeur γ et l'accumulateur D un déplacement d, ce sous-programme place si celà est possible (au moins deux octets disponibles, et pas de &HØ,22, etc... dans la valeur à ranger) la valeur γ+d à l'adresse α contenue dans le registre Y ; les octets disponibles éventuels (si le nom de la variable comporte plus de deux caractères) situés en α+2, α+3, etc..., sont remplacées par le caractère "espace" (celui-ci étant ignoré par l'interpréteur : voir $61B8).

Le sous-programme est le suivant :

```
BE6C   31    22    LEAY   2,Y       Au moins 2 octets
BE6E   109C  B9    CMPY   $B9       Y sont-ils ?
BE71   22    1D    BHI    $BE90     Non⇒pas de compil
BE73   33    8B    LEAU   D,X       γ'=γ+d→U
BE75   1F    30    TFR    U,D       γ'→A etB
BE77   5C          INCB             A-t'on FF ?
BE78   27    16    BEQ    $BE90     Oui⇒pas de compil
BE7A   5A          DECB             A-t'on Ø ?
BE7B   27    13    BEQ    $BE90     Oui⇒pas de compil
BE7D   C1    22    CMPB   #$22
BE7F   27    0F    BEQ    $BE90     Pas de compilation
BE81   C1    3A    CMPB   #$3A
BE83   27    0B    BEQ    $BE90     Pas de compilation
BE85   C1    89    CMPB   #$89
BE87   27    07    BEQ    $BE90     Pas de compilation
BE89   EF    3E    STU    -2,Y      Rangement γ'
BE8B   109C  B9    CMPY   $B9       Plus de 2 caract. ?
BE8E   26    01    BNE    $BE91     Oui⇒les effacer
BE90   39          RTS
BE91   C6    20    LDB    #$20      Code de "espace"
BE93   E7    A0    STB    ,Y+
BE95   20    F4    BRA    $BE8B     Boucle
```

La routine proprement dite est la suivante :

```
BE97   109E B9    LDY   $B9      Adr.1er caract.nom
BE9A   32   62    LEAS  2,S      Dépile retour $6297
BE9C   81   5A    CMPA  #$5A     Code de "Z"
BE9E   22   3A    BHI   $BEDA    Adr.déjà compilée
BEA0   BD   0A0A  JSR   $0A0A    Lit nom de la var.
BEA3   81   25    CMPA  #$25     A-t'on !, #,$ ou % ?
BEA5   22   04    BHI   $BEAB    Non
BEA7   9D   B2    JSR   $B2      Caract.suivant→A
BEA9   9F   B9    STX   $B9      Replace aprés nom
BEAB   1F   89    TFR   A,B
BEAD   9D   B8    JSR   $B8
BEAF   C1   28    CMPB  #$28     Code de "("
BEB1   26   03    BNE   $BEB6    Variable simple
BEB3   7E   0A52  JMP   $0A52    Élément de tableau
BEB6   DE   20    LDU   $20      Début zone tableaux
BEB8   1193 3F    CMPU  $3F
BEBB   23   05    BLS   $BEC2    Affectation à 1 tabl.
BEBD   BD   0A52  JSR   $0A52    Aucun tableau
BEC0   20   0D    BRA   $BECF    Compilation
BEC2   34   40    PSHS  U        Contenu $20→pile
BEC4   BD   0A52  JSR   $0A52    Traite variable
BEC7   DC   20    LDD   $20      A peut être bougé
BEC9   A3   E1    SUBD  ,S++     Ancien $20
BECB   D3   3F    ADDD  $3F
BECD   DD   3F    STD   $3F      Adr.elt.tab.corrigée
BECF   FC   BFFB  LDD   $BFFB    Valeur déplacement
BED2   C    3C    INC   $3C      Nbr.caract.du nom
BED4   D0   3C    SUBB  $3C
BED6   82   00    SBCA  #$00     Cas d'une retenue
BED8   20   92    BRA   $BE6C    Compilation et RTS
BEDA   AE   A1    LDX   ,Y++     Adr.y'compilée→X
BEDC   109F B9    STY   $B9      Après adresse
BEDF   FC   BFFB  LDD   $BFFB    Valeur déplacement
BEE2   43         COMA           Changement signe
BEE3   50         NEGB
BEE4   26   01    BNE   $BEE7
BEE6   4C         INCA           −d→D
BEE7   30   8B    LEAX  D,X      y'−d→X
BEE9   E6   81    LDB   ,X++     1e octet var.→B
BEEB   1F   98    TFR   B,A      ... et→A
BEED   44         LSRA
BEEE   44         LSRA
BEEF   44         LSRA
BEF0   44         LSRA           Type variable
BEF1   97   05    STA   $05
BEF3   C4   0F    ANDB  #$0F     Nbr.caract. − 1
BEF5   30   85    LEAX  B,X      Adresse valeur→X
BEF7   9D   B8    JSR   $B8      Saute les espaces
BEF9   9F   3D    STX   $3D
BEFB   39         RTS
```

REMARQUE: Si on compilait l'adresse (déplacée toujours) du pré
de la valeur, et non celle de l'octet précédant le nom, il faudrait
3e octet pour le type de la variable.

Ceci simplifierait la routine, mais obligerait à prévoir lors de l'écr.
programme BASIC à compiler 3 octets pour chaque variable, au lieu
seulement, d'où une contrainte que nous avons préféré éviter.

# III. *Modification du traitement des opérandes*

## 1. Le principe

On a vu dans la deuxième partie que les opérandes d'une expression sont traités par la routine $77Ø; il faut donc obligatoirement modifier cette dernière pour que la rencontre d'une adresse déjà compilée (1er octet entre &H5B et 7F) provoque le branchement en $8ØØ, où il y aura appel de $A48 et donc de notre routine de traitement d'une adresse.

La routine donnée ci-après compile aussi les constantes entières, en remplaçant la valeur initiale (codée en ASCII chiffre par chiffre) par la valeur binaire, déplacée de &H1Ø1, codée sur 2 octets.

Le déplacement de &H1Ø1 permet de compiler toutes les constantes comprises entre &HØ et &H1EFD, c'est-à-dire toutes les valeurs inférieures ou égales à 7933; le premier octet doit en effet être inférieur à &H2Ø, sous peine d'être confondu avec un espace et donc ignoré.

Pour les constantes entières négatives, c'est la valeur absolue qui est compilée, d'où encore un premier octet compris entre &HØ1 (Ø ne serait pas compilé) et 1F.

Enfin, une constante ne sera compilée que si elle occupe deux caractères au moins, ou bien sûr un caractère seulement suivi d'un espace (dans certains cas, l'espace peut aussi être situé avant le chiffre).

## 2. La routine

Elle traite les constantes numériques à compiler (1er octet compris entre &H3Ø et &H39) ou déjà compilées (1er octet inférieur à &H2Ø), et branche en $8ØØ ou en $785 selon que l'on a une variable (déjà compilée ou non), ou bien une fonction ou un caractère spécial (&,.,'',—,NOT, etc...).

Le listing est le suivant :

```
BE31  32    62    LEAS  2,S      Dépile retour $627C
BE33  9E    B9    LDX   $B9      Avant 1er caract.
BE35  9D    B2    JSR   $B2      Code 1er caract→A
BE37  31    01    LEAY  1,X      Sur 1er caract.
BE39  24    14    BHS   $BE4F    Pas chiffre
BE3B  BD    077B  JSR   $077B    Valeur Cte→AC flot.
BE3E  9D    CD    JSR   $CD      Type constante ?
BE40  2A    07    BPL   $BE49    ≠2⇒pas de compil.
BE42  9E    57    LDX   $57      Valeur→X
BE44  8C    1EFD  CMPX  #$1EFD
BE47  23    01    BLS   $BE4A    Valeur compilable
BE49  39          RTS
BE4A  CC    0101  LDD   #$0101   Valeur déplacement
BE4D  20    1D    BRA   $BE6C    Compilation;RTS
BE4F  81    1F    CMPA  #$1F
BE51  22    0B    BHI   $BE5E
BE53  EC    A1    LDD   ,Y++     Cte déjà compilée
BE55  83    0101  SUBD  #$0101   Correction
BE58  109F  B9    STY   $B9      Positionne après Cte
BE5B  7E    0C59  JMP   $0C59    D→$57;≠2→$05;RTS
BE5E  81    41    CMPA  #$41     Code de "A"
BE60  25    07    BLO   $BE69    Caractère spécial
BE62  81    80    CMPA  #$80
BE64  24    03    BHS   $BE69    Fonction ou -,NOT..
BE66  7E    0800  JMP   $0800    Var (compil ou non)
BE69  7E    0785  JMP   $0785    Autre
```

REMARQUE : Le branchement au sous-programme de compilation suppose que ce dernier est placé juste après la routine.

# IV. *Mise en œuvre-résultats*

## 1. Implantation-utilisation

Le sous-programme d'initialisation et les deux routines précédentes seront implantées en mémoire par le programme de création de la troisième partie.

Tous les branchements pointant dans les routines elles-mêmes
tifs, on pourra bien sûr comme toujours choisir une adresse d'imp
quelconque ; si on prend par exemple $BE31, on ajoutera au program
création les lignes suivantes :

```
1800 DATA Init.,&HBD01,CC,BE,31,...,39,FIN
2800 DATA Trait. opérandes,&HBE31,32,...,20,F4,FIN
2900 DATA Rech. Variable,&HBE97,109E,...,39,FIN
```

On trouvera au dernier chapitre la liste complète des DATA, avec le résultat de l'exécution du programme de création.

Bien entendu, on enregistrera après exécution les routines sur bande.

On pourra ensuite ajouter en tête de n'importe quel programme qui tourne :

```
10 CLEAR,&HBD00:LOADM:EXEC &HBD01
```

Toutes les constantes et variables du programme comportant au moins deux caractères, ou un seul suivi d'un espace, seront alors automatiquement compilées au fur et à mesure de l'exécution, ceci quelque soit la manière dont elles sont employées (par exemple dans un calcul, ou une instruction comme LOCATE,BOX,IF,etc..., ou comme indice de tableau, etc...).

Le résultat sera, selon les programmes, un accroissement de l'ordre de 60 % à 80 % de la rapidité d'exécution ; l'accroissement sera d'ailleurs d'autant plus grand que le programme utilise un nombre plus élevé de variables différentes, c'est-à-dire que le gain croît avec la complexité du programme.

## 2. Exemple

Soit le petit programme suivant :

```
10 CLEAR,&HBD00:EXEC &HBD01
20 A =11:BBBB=A +57:A=A +A
30 FOR I=&H660B TO &H6626
40 PRINT USING"%  %";HEX$(PEEK(I));:NEXT
50 PRINT:PRINT "A,BBBB =";A;BBBB
```

Après lecture en mode direct des routines, l'exécution permet d'obtenir le contenu de la ligne 2Ø après compilation ; on a :

```
66  27  0   14  5B  1   D4  1   C   3A  5B  7   20  20
D4  5B  1   C7  35  37  3A  41  D4  5B  1   C7  41  0

A.BBBB = 22  68
```

On constate que la variable A est compilée (adresse déplacée égale à $5BØ1 comme prévu) seulement si elle est suivie d'un espace ; les deux derniers caractères de la variable BBBB sont remplacés par des espaces (code &H2Ø).

La constante 11 est compilée (valeur &H1Ø1+11=&H1ØC), mais pas la constante 57 ; elle devrait en effet être remplacée par la valeur &H13A, rejetée à cause du &H3A dans le second octet.

## 3. Quelques remarques

**1.** Après exécution du sous-programme d'initialisation, nos routines resteront bien sûr actives, même après un NEW éventuel ; pour revenir à un fonctionnement normal, il faudra faire simplement :

```
POKE &H6297,&H39:POKE &H627C,&H39
```

La touche "Initialisation" ne provoque en effet pas la réinitialisation de la RAM, effectuée seulement à la mise sous tension du TO7.

**2.** Un programme compilé ne pourra être redémarré après l'arrêt normal que par GOTO $\alpha$, $\alpha$ étant le numéro de la première ligne ; un RUN "efface-rait" (en fait, RUN réinitialise entre autres les pointeurs contenus en $612Ø et $6122 avec l'adresse de fin du programme) en effet la zone des variables, qui ne pourraient pas être recréées à partir des adresses.

Pour la même raison, on ne peut pas modifier un programme déjà compilé.

**3.** Il est parfaitement possible de combiner nos routines de compilation avec les nouvelles fonctions et instructions de la 3e partie.

Dans le cas des procédures, et pour des raisons évidentes, la récursivité ne marchera cependant plus ; il suffira pour l'autoriser quand même de faire un simple *POKE&H6297,&H39* dans le programme principal avant l'appel par

CALL de la procédure récursive; on écrira bien sûr *POKE &H62* juste après le même CALL pour reprendre la compilation au ret procédure.

On notera que ceci permet de compiler quand même les constantes , branchements : voir chapitre suivant) dans la procédure elle-même, d'où certain accroissement de la vitesse d'exécution de cette dernière.

**4.** Enfin, il ne faudra pas s'étonner d'obtenir des résultats bizarres en listant un programme compilé !...

# V. Le problème des tableaux

Il est à priori possible, et souhaitable, de pouvoir compiler non plus seulement les adresses de variables, mais aussi celles des tableaux éventuels utilisés par un programme.

Malheureusement, on a vu que toute la zone des tableaux est déplacée à chaque création d'une nouvelle variable, problème n'existant pas avec ces dernières.

On a vu de plus qu'il n'est pas possible de compiler les adresses des éléments d'un tableau, au moins dans le cas où un des indices est une variable.

On ne peut donc finalement compiler que l'adresse du *nom* d'un tableau, et uniquement dans le cas où toutes les variables auront été créées avant la compilation de cette adresse.

On constate donc que ceci constitue une contrainte à respecter lors de l'écriture du programme (remarquons quand même que cette contrainte existe dans tous les langages structurés...) pour un bénéfice relativement réduit, ceci d'autant plus que le nombre de tableaux différents utilisés par un programme est en général petit, d'où une recherche dans la zone des tableaux très rapide de toute façon.

Il est cependant possible de modifier les routines précédentes pour traiter aussi les tableaux; en particulier, il faudra appeler la routine $A52 avec la valeur 1 placée en $61Ø7 (il y a alors recherche du seul nom du tableau), le cas de DIM étant à traiter à part (on a alors $61Ø4 différent de Ø: voir $AØ1) pour permettre la création du tableau.

On calculera ensuite les valeurs des indices, que l'on empilera dans la pile S ; il faudra de plus ranger dans la 2e pile U (créée par exemple en $BFFA) l'adresse de l'en-tête et pour chaque indice le contenu des mémoires $61Ø4 et $61Ø5, ceci pour le cas où un des indices est lui-même élément d'un autre tableau, chose à priori possible !

L'adresse de l'élément sera ensuite trouvée par un JMP $BE9 (voir 2e partie).

# 4

# Compilation des adresses de branchement

Chaque fois que l'interpréteur rencontre un branchement (GOTO, GOSUB,ON), il y a calcul de l'étiquette (routine $6FD : voir 2e partie), puis recherche dans le programme lui-même de la ligne correspondante (routine $4A∅).

Nous présentons une méthode permettant de remplacer automatiquement l'étiquette de branchement par l'adresse effective (déplacée) du début de la ligne correspondante.

Le résultat est bien sûr un nouvel accroissement de la vitesse d'exécution d'un programme.

## *I. La méthode*

### 1. Principe

Il est ici moins immédiat d'intervenir sur les routines de traitement des branchements, puisque celles-ci ne comportent aucun passage par la RAM

(à part la routine $61B2, non modifiable en pratique car on ralentirait forcément le traitement de tous les caractères du programme, d'où un résultat inverse de celui recherché !).

On est donc obligé d'intervenir au niveau du décodage des instructions d'un programme.

On a vu en effet qu'à chaque code d'instruction rencontré par l'interpréteur, il y a passage en $627Ø (voir routine $2B25), où l'on pourra dérouter le BASIC vers une routine testant si l'on a un code correspondant à GO(&H87) ou à ON(&H96), que l'on pourra alors traiter.

## 2. Précautions à observer

Les adresses effectives de branchement peuvent être à priori comprises en $65F4 (adresse du $ précédant la 1ere ligne du programme) et $BFFF (valeur jamais atteinte en fait, un programme comportant toujours des variables !) pour le TO7, ou $DFFF (même remarque) pour le TO7-7Ø.

Il est parfaitement possible ici de placer dans le programme une valeur supérieure ou égale à &H8Ø, l'interpréteur attendant en effet toujours une étiquette après un GOTO ou GOSUB ; il n'y a donc pas de risque de confusion avec une instruction.

Par contre, on ne peut toujours pas placer les valeurs &HØ,22,3A,89 ou FF dans le programme, ainsi que les valeurs &H8F ou C4 suivies de &H81,82,AF ou BØ.

$\gamma$ étant l'adresse effective du branchement à la ligne k, c'est-à-dire l'adresse du Ø précédent la ligne, on implantera donc en fait l'adresse $\gamma' = \gamma + \&H2A\emptyset D$.

Dans le cas du TO7 avec extension mémoire, on obtient en effet ainsi un premier octet compris entre &H9Ø et E9 ; il faudra donc tester seulement si on à &HC4 (l'adresse effective commence alors par &H9A), auquel cas on ne compilera pas l'adresse.

Comme au chapitre précédent, il n'y aura pas non plus compilation si le 2e octet est égal à &HØ,22,3A,89 ou FF, ou si l'étiquette k ne comporte qu'un chiffre non suivi d'un espace.

La compilation elle-même sera donc toujours effectuée par le sous-programme du chapitre précédent.

REMARQUE : *cas du TO7-7Ø :*

Le déplacement de &H2AØD permet de compiler toutes les adre branchement inférieures ou égales à $D4F1 (au delà, on obtient un non compilable), ce qui correspond à un programme d'environ *28K-oc.*

Si l'on désire compiler des programmes encore plus importants, il suffira de prendre un déplacement de *&HD5ØD*, qui correspond à *soustraire &H2AF3* de l'adresse ; on obtient des adresses déplacées démarrant à $3BØ1, d'où la compilation possible de programmes de plus de 49K-octets.

On devra alors bien sûr tester si le premier octet est égal à &H89 ou 8F ou C4, auquel cas on ne compilera pas l'adresse.

### 3. Initialisation

Il suffit d'ajouter dans le sous-programme d'initialisation du chapitre précédent les instructions implantant un JMP $BDB8 en $627Ø.

L'adresse $BDB8 peut bien sûr être modifiée à volonté ; nous l'avons choisie pour que les routines données ci-après soient placées juste avant la routine de traitement des opérandes, ceci à cause des branchements relatifs au sous-programme de compilation.

## *II. Traitement des instructions GOTO et GOSUB*

Notre traitement est bien sûr calqué sur le traitement "normal", situé en $6Ø6 (voir 2e partie).

Lorsque l'interpréteur rencontre un GOTO ou GOSUB suivi d'un chiffre (C est alors positionné à 1 par $B2), l'adresse effective est calculée par la routine $629, puis déplacée de la valeur &H2AØD et rangée dans le programme.

Si on n'a pas un chiffre, c'est que l'étiquette k a déjà été compilée ; on retranche alors simplement le déplacement.

La routine, implantée ici en $BDF4, est la suivante :

```
BDF4   32   62     LEAS  2,S        Dépile retour $627Ø
BDF6   9D   B2     JSR   $B2        Octet après GO→A
BDF8   DE   B9     LDU   $B9        Adr.car.courant→U
BDFA   81   BC     CMPA  #$BC       Code de SUB
BDFC   26   09     BNE   $BE07      Traite TO
BDFE   9E   2C     LDX   $2C        N° ligne courante→X
BE00   34   52     PSHS  A,X,U
BE02   8D   03     BSR   $BE07      Branchement ligne k
BE04   7E   2AED   JMP   $2AED      Boucle d'exécution
BE07   9D   B2     JSR   $B2        1er caract.étiquette
BE09   31   41     LEAY  1,U        Adresse→Y
BE0B   24   1C     BHS   $BE29      C=Ø⇒déjà compilé
BE0D   BD   06FD   JSR   $06FD      Calcul de k
BE10   DE   B9     LDU   $B9        Adr.caract.après k
BE12   34   40     PSHS  U          Empilement
BE14   BD   0629   JSR   $0629      Trouve adr.effective
BE17   35   40     PULS  U
BE19   DF   B9     STU   $B9        Restaure $B9
BE1B   1F   10     TFR   X,D        Adr.ligne k→D
BE1D   81   9A     CMPA  #$9A       Donnerait C4
BE1F   27   05     BEQ   $BE26      Pas de compilation
BE21   CC   2A0D   LDD   #$2A0D     Valeur déplacement
BE24   8D   46     BSR   $BE6C      SP. de compilation
BE26   9F   B9     STX   $B9        Car.cour.sur déb. k
BE28   39          RTS
BE29   EC   A4     LDD   ,Y         Adresse compilée→D
BE2B   83   2A0D   SUBD  #$2A0D     Correction
BE2E   DD   B9     STD   $B9        Car.cour.sur déb.k
BE30   39          RTS
```

REMARQUE : Le branchement au sous-programme de compilation suppose que la routine est placée juste avant celui-ci.

## III. Traitement de l'instruction ON

Le traitement "normal" est effectué en $36B5, où on ira en cas d'instruction ON ERROR ou ON PEN.

L'instruction "ON expression" suivie de GOTO ou GOSUB est par contre traitée par la routine suivante ; on constatera qu'elle fait bien sûr appel au traitement de GOTO et GOSUB vu ci-dessus.

Le listing est le suivant:

```
BDB8    27   08     BEQ    $BDC2    Si 3A en têt
BDBA    81   87     CMPA   #$87     Code de GO
BDBC    27   36     BEQ    $BDF4    GOTO,GOSUB
BDBE    81   96     CMPA   #$96     Code de ON
BDC0    27   01     BEQ    $BDC3
BDC2    39          RTS             Autre inst.⇒$2B2B
BDC3    32   62     LEAS   2,S      Dépile retour $6270
BDC5    9D   B2     JSR    $B2      Caract. après ON
BDC7    81   B8     CMPA   #$B8     Code de PEN
BDC9    27   04     BEQ    $BDCF
BDCB    81   98     CMPA   #$98     Code de ERROR
BDCD    26   03     BNE    $BDD2    On a une expression
BDCF    7E   36B5   JMP    $36B5    Traitement "normal"
BDD2    BD   0EB8   JSR    $0EB8    Valeur exp.→$5B
BDD5    C6   87     LDB    #$87     Code de GO
BDD7    9D   D0     JSR    $D0      A-t'on GO?
BDD9    34   02     PSHS   A        Empile TO ou SUB
BDDB    A    58     DEC    $58
BDDD    26   04     BNE    $BDE3    Pas bonne adresse
BDDF    35   02     PULS   A        TO ou SUB
BDE1    20   15     BRA    $BDF8    Effectue branchement
BDE3    9D   B2     JSR    $B2      1er caract.étiquette
BDE5    25   06     BLO    $BDED    Chiffre⇒pas compilé
BDE7    9D   B2     JSR    $B2      Adr. déjà compilée
BDE9    9D   B2     JSR    $B2      On saute l'adresse
BDEB    20   03     BRA    $BDF0
BDED    BD   06FD   JSR    $06FD    Saute l'étiquette
BDF0    26   E9     BNE    $BDDB    Étiquette suivante
BDF2    35   82     PULS   A,PC     Instruction suivante
```

REMARQUE: On notera au début de la routine (adresse $BDB8 correspondant à celle implantée en $6271 lors de l'initialisation) le branchement au traitement de GOTO et GOSUB, ou bien à celui de ON.

On remarquera aussi qu'une étiquette n'est compilée que lorsqu'il y a effectivement branchement à la ligne correspondante.

## *Mise en œuvre – exemple*

Toutes les routines précédentes seront toujours créées par le même programme de création, puis enregistrées sur bande par SAVEM.

On veillera à placer les unes à la suite des autres la routine traitant les branchements, puis celle traitant les opérandes (le sous-programme de compilation étant placé en tête de celle-ci) et enfin celle traitant les variables.

On trouvera à la fin de cette 4e partie la liste de tous les DATA correspondants.

Après exécution du sous-programme d'initialisation, il y aura donc compilation automatique de toutes les adresses de branchement, au fur et à mesure de l'exécution.

On notera toutefois que seuls ON, GOTO et GOSUB sont traités par nos routines ; une étiquette placée dans une instruction IF après un THEN ou un ELSE ne sera donc pas compilée ; si on écrit par contre GOTO k au lieu de THEN k, et ELSE GOTO k au lieu de ELSE k, il y aura bien compilation.

***Exemple*** :

```
10 CLEAR,&HBD00:LOADM:EXEC &HBD01
20 GOSUB 26
23 ON AA GOTO 50,30,50
26 AA=2:RETURN
30 FOR I=&H660E TO &H6637
40 PRINTUSING"%  %";HEX$(PEEK(I));:NEXT
```

Ce programme, dont on ne s'inspirera pas vu l'imbrication des branchements..., écrit le contenu des lignes 2Ø à 26 après leur exécution.

On obtient :

```
66  18  0   14  87  BC  90  39  20  0   66  2D  0   17
96  20  5B  1   20  87  BB  20  35  30  2C  90  44  2C
35  30  0   66  38  0   1A  5B  1   D4  32  3A  8B  0
```

On constate à la ligne 2Ø que l'étiquette 26 est remplacée par la valeur &H9Ø39=&H662C+&H2AØD, $662C étant en effet l'adresse du Ø précédant la ligne 26.

A la ligne 23, l'étiquette 3Ø est bien compilée par la valeur &H9Ø44=&H6637+&H2AØD ; les deux étiquettes 5Ø ne sont par contre pas compilées puisqu'elles ne sont pas utilisées.

La variable AA est bien sûr compilée, ainsi que la variable I de la ligne 3Ø.

# 5

# Application à d'autres ordinateurs

Toutes les routines précédentes sont évidemment spécifiques à l'interpréteur des deux TO7.

La méthode présentée, consistant en une compilation interactive de certaines adresses et constantes, est par contre très générale et peut être appliquée à n'importe quel ordinateur.

## *I. Cas où il existe des vecteurs en mémoire vive*

Ce cas est heureusement le plus fréquent ; il permet comme nous l'avons vu d'intervenir très facilement sur le fonctionnement de l'interpréteur.

Pour mettre notre méthode en œuvre, il faudra toujours étudier soigneusement les routines de l'interpréteur permettant "d'explorer" le programme.

On trouvera facilement l'emplacement de la routine cherchant la fin d'une instruction en observant le traitement des instructions "non exécutables" comme REM ou DATA, ou bien sûr en étudiant les instructions qui l'utilisent comme IF ou GOTO.

Cette routine existe sur tous les interpréteurs, et on trouvera très probablement dans le cas d'un ordinateur utilisant le code ASCII qu'elle traite les mêmes valeurs que pour les TO7, c'est-à-dire &HØ (fin de ligne), 22(guillemets), 3A (fin d'instruction) ; les valeurs &H89 (IF, ceci pour le cas des IF imbriqués permis par les TO7) et FF (fonctions, codées sur 2 octets) ne seront peut être par contre pas traitées, ou seront différentes.

Rappelons que toutes les valeurs traitées par cette routine ne pourront pas être implantées dans un programme.

L'étude de l'instruction FOR (et WHILE lorsqu'elle existe) permettra ensuite de trouver la routine cherchant le NEXT (ou WEND) associé au FOR ; on trouvera donc là aussi certaines valeurs à ne pas implanter dans un programme.

On en déduira, en fonction de la carte mémoire de l'ordinateur considéré, les déplacements à effectuer pour compiler les constantes, les adresses de variables et celles des branchements ; on devra d'ailleurs éventuellement ne compiler que les adresses conduisant à des valeurs comprises dans un certain intervalle, ce qui ne diminue pas l'intérêt de la méthode.

## II. Cas où le BASIC est entièrement figé en ROM

Rappelons que les instructions de branchement des TO7 ne comportent aucun passage par la RAM, ce qui ne nous a pas empêché d'intervenir sur leur fonctionnement ; il suffit en effet de décoder les instructions correspondantes, d'où un déroutement vers les nouvelles routines, écrites à partir de celles de l'interpréteur.

On fera donc de même s'il existe qu'un seul vecteur en RAM, situé dans la boucle d'exécution des programmes ou dans la routine de traitement des instructions.

Il ne sera pas beaucoup plus difficile d'intervenir sur un BASIC ne comportant même pas celà.

Il suffira en effet d'écrire alors sa propre boucle d'exécution des programmes (voir 2$^{e}$ partie), toujours en "recopiant" celle de l'interpréteur.

En tête du programme BASIC à faire exécuter, on placera donc un simple EXEC (ou USR) vers la routine ; toute l'exécution du programme sera alors

contrôlée par cette dernière, ce qui permet bien sûr toutes les inte
désirées.

On observera toutefois que le traitement de certaines instru (GOSUB,NEXT,IF) se termine non pas par un simple RTS (provoqua retour à la routine), mais par un saut à la boucle d'exécution programmes "normale", d'où reprise du contrôle par l'interpréteur.

Il faudra donc faire traiter ces instructions par ses propres routines, à écrire encore en recopiant celles d'origine.

# 6

# Résumé de la quatrième partie

Nous donnons ci-après la liste complète des DATA à écrire pour les TO7 et TO7-7Ø dans le programme de création de la troisième partie, en vue de permettre la compilation automatique des adresses utilisées par un programme BASIC.

Les routines correspondantes (ici de $BDØ1 à $BEFB) seront bien sûr enregistrées en binaire par SAVEM.

Un simple CLEAR, &HBDØØ:LOADM:EXEC &HBDØ1 ajouté en tête de n'importe quel programme aura alors pour résultat de pratiquement doubler la vitesse d'exécution de celui-ci.

Rappelons aussi que les DATA donnés ci-après peuvent être combinés avec ceux de la troisième partie ; on bénéficiera alors en même temps de toutes les instructions supplémentaires et de l'accroissement de la rapidité d'exécution.

Le listing des DATA est le suivant:

```
1695 '.......Initialisation............
1800 DATA Initialisation,&HBD01,CC,BDB8,FD,6271,CC
,FD,627D,C6,97,FD,6298,86,7E,B7,6270,B7,627C,B7,625
,5B01,93,1E,FD,BFFB,39,FIN Init.
1990 '
1995 'Routines
2700 DATA Branchements,&HBDB8,27,8,81,87,27,36,81,96,27
,1,39,32,62,9D,B2,81,B8,27,4,81,98,26,3,7E,36B5,BD,EB8,
C6,87,9D,D0,34,2,A,58,26,4,35,2,20,15,9D,B2,25,6,9D,B2,
9D,B2,20,3,BD,6FD,26,E9,35,82
2710 DATA 32,62,9D,B2,DE,B9,81,BC,26,9,9E,2C,34,52,8D,3
,7E,2AED
2720 DATA 9D,B2,31,41,24,1C,BD,6FD,DE,B9,34,40,BD,629,3
5,40,DF,B9,1F,10,81,9A,27,5,CC,2A0D,8D,46,9F,B9,39,EC,A
4,83,2A0D,DD,B9,39,FIN Branchements
2800 DATA Trait.oPerandes,&HBE31,32,62,9E,B9,9D,B2,31,1
,24,14,BD,77B,9D,CD,2A,7,9E,57,8C,1EFD,23,1,39,CC,101,2
0,1D,81,1F,22,B,EC,A1,83,101,109F,B9,7E,C59,81,41,25,7,
81,80,24,3,7E,800,7E,785
2810 DATA 31,22,109C,B9,22,1D,33,8B,1F,30,5C,27,16,5A,2
7,13,C1,22,27,F,C1,3A,27,B,C1,89,27,7,EF,3E,109C,B9,26,
1,39,C6,20,E7,A0,20,F4,FIN Sous-Pr9m.
2900 DATA Rech.variables,&HBE97,109E,B9,32,62,81,5A,22,
3A,BD,A0A,81,25,22,4,9D,B2,9F,B9,1F,89,9D,B8,C1,28,26,3
,7E,A52,DE,20,1193,3F,23,5,BD,A52,20,D,34,40,BD,A52,DC,
20,A3,E1,D3,3F,DD,3F,FC,BFFB,C,3C,D0,3C,82,0,20,92
2910 DATA AE,A1,109F,B9,FC,BFFB,43,50,26,1,4C,30,8B,E6,
81,1F,98,44,44,44,44,97,5,C4,F,30,85,9D,B8,9F,3D,39,FIN
 Rech.
2950 DATA FIN des routines
```

**Résultat de l'exécution**

```
ROUTINE Initialisation
 Debut:BD01      Fin:BD25      Somme: 5527

ROUTINE Branchements
 Debut:BDB8      Fin:BE30      Somme: 12352

ROUTINE Trait.oPerandes
 Debut:BE31      Fin:BE96      Somme: 8628
```

```
ROUTINE Rech.variables
 Debut:BE97    Fin:BEFB    Somme: 10513

 Implantation terminee...
 Enregistrer de BD01 a BEFB (Par SAVEM)
```

REMARQUE: Pour le TO7 de base, les adresses seront bien sûr choisies à partir de $7DØ1.

On pourra par contre choisir $DDØ1 pour le TO7-7Ø.

Enfin, la routine suivante, à implanter n'importe où (par exemple dans les DATA eux-mêmes), permet d'utiliser le clavier exactement comme les manettes de jeu : 2 joueurs jouant simultanément, déplacements en diagonale possibles (voir remarque du chapitre 1 pour le TO7-7Ø : remplacer les 2 valeurs soulignées par Ø7 et 7A) :

```
2000 DATA BD,24,C3,86,FE,B7,E7,C9,CC,2,B,8E,0,0,D,58,26
,8,8D,32,8D,30,8D,2E,20,10,4A,C6,7,8D,27,CC,20,B,8D,22,
86,8,8D,23,C6,5,8C,0,9,26,2,30,18,8D,13,1F,10,54,24,1,5
9,C1,8,23,1,5F,DD,57,86,2,8E,61,55,39
2010 DATA 1A,1,79,E7,C9,C0,2,B5,E7,C8,26,2,30,85,39,FIN
```

# Annexe 1

# Routines du moniteur

| *Adresse* | *Nom* | *Action* |
|---|---|---|
| $E8ØØ | INIT$ | Initialisation de l'affichage |
| $E8Ø3 | PUTC$ | Affichage du caractère contenu dans B ; gestion des attributs d'écran |
| $E8Ø6 | GETC$ | Lecture du clavier (code touche retourné dans B) |
| $E8Ø9 | KTST$ | Lecture rapide du clavier (bit C du CC mis à 1 si une touche est enfoncée) |
| $E8ØC | DRAW$ | Tracé du segment de droite d'extrémité (X,Y) |
| $E8ØF | PLOT$ | Affichage du point de coordonnées (X,Y) |
| $E812 | RSCO$ | Gestion de l'interface de communication |
| $E815 | K7CO$ | Entrée/sortie sur cassette |
| $E818 | GETL$ | Lecture du crayon optique (retourne coordonnées dans X et Y, avec bit C du CC mis à Ø) |

| *Adresse* | *Nom* | *Action* |
|---|---|---|
| $E81B | LPIN$ | Lecture bouton du crayon optique (bit C du CC mis à 1 si enfoncé) |
| $E81E | NOTE$ | Génération de la note de musique contenue dans B |
| $E821 | GETP$ | Lecture de la couleur du point (X,Y) (retournée dans B) |
| $E824 | GETS$ | Lecture du caractère situé en (X,Y) (1 à 4Ø,Ø à 24 ; code ASCII retourné dans B) |
| $E827 | JOYS$ | Lecture de la manette de jeu dont numéro dans A (direction retournée dans B ; bit C du CC mis à 1 si bouton enfoncé) |
| $E82A | DKCO$ | Entrée/sortie sur disquette |
| $E82D | MENU$ | Retour au menu principal (par JMP) |
| $E83Ø | KBIN$ | Sortie (par JMP) d'un programme d'interruption |
| $E833 | CHPL$ | Écriture du point "caractère" de coordonnées X et Y (1 à 4Ø, Ø à 24) |

REMARQUE : A,B,CC, X et Y désignent les registres du 6809.

# Annexe 2

# Principales adresses du moniteur

## 1. Page Ø

| *Adresse* | *Nom* | *Rôle* |
|---|---|---|
| $6Ø19 | STATUS | bit 7 : semi-graphique ; bit 6 : scroll rapide ; bit 5 : interruptions utilisateur ; bit 4 : graphiques sans couleur (TO7-7Ø) ; bit 3 : lecture clavier ; bit 2 : curseur visible ou invisible ; bit Ø : touche clavier déjà lue |
| $6Ø27 | TIMEPT | Pointeur (2 octets) sur traitement des interruptions timer utilisateur |
| $6Ø2D | USERAF | Pointeur (2 octets) sur générateur de caractères utilisateurs |
| $6Ø2F | SWI1 | Pointeur (2 octets) sur traitement des interruptions logicielles (SWI) |
| $6Ø38 | FORME | Code de la couleur pour affichages graphiques (TO7:–8 à+7 ; TO7-7Ø:–8 à+15) |

| Adresse | Nom | Rôle |
|---|---|---|
| $6Ø3B | COLOUR | Couleurs courantes ; bits Ø,1,2 : couleur fond ; bits 3,4,5 : couleur forme ; bits 6,7 : couleurs pastels (TO7-7Ø) |
| $6Ø3D | PLOTX | Abscisse (2 octets) du dernier point affiché |
| $6Ø3F | PLOTY | Ordonnée (2 octets) du dernier point affiché |
| $6Ø41 | CHDRAW | Ø, ou code ASCII du caractère à afficher (par PLOT$, DRAW$ ou CHPL$) |
| $6Ø6Ø | STADR | Adresse (2 octets) du 1er octet de la fenêtre écran |
| $6Ø62 | ENDDR | Adresse + 1 (2 octets) du dernier octet de la fenêtre |
| $6Ø73 | BUZZ | Sémaphore du bip clavier pour TO7-7Ø |
| $6ØCD | PTCLAV | Pointeur (2 octets) sur la table de décodage du clavier pour TO7-7Ø |
| $6ØCF | PTGENE | Pointeur (2 octets) sur le générateur de caractères standards pour TO7-7Ø |

## 2. Adresses d'entrées/sorties

### PIA système 6846 :$E7CØ à $E7C7

$E7C3 (PRC) : registre de données
- bit Ø : commutation mémoire écran "forme" (1) et "couleur" (Ø)
- bit 1 : interrupteur crayon optique
- bit 2 : couleur pastel du tour pour TO7-7Ø
- bit 3 : affichage en minuscules
- bit 4,5,6 : couleur du tour
- bit 7 : lecture cassette

$E7C6 (TMSB-TLSB) : valeur du timer (2 octets)

**PIA système 6821 : $E7C8 à $E7CB**

$E7C8 (PRA) : registre de données du port A ; lecture matrice
$E7C9 (PRB) : registre de données du port B ; écriture matrice
bits Ø,1,2 : multiplexage clavier pour TO7-7Ø
bits 3 à 7 : sélection banques mémoire pour TO7-7Ø

**PIA jeux 6821 : $E7CC à $E7CF** (manettes de jeu)

**Interface de communication 6821 : $E7EØ à $E7E3**

**Gate-Array (TO7-7Ø) : $E7E4 à $E7E7**

# Annexe 3

# Les instructions du 68Ø9

## 1. Instructions de branchement

| Instruction | Forme | Adressing Mode Relative OP | ~ | # | Description | 5 H | 3 N | 2 Z | 1 V | 0 C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BCC | BCC | 24 | 3 | 2 | Branch C = 0 | • | • | • | • | • |
| | LBCC | 10 24 | 5(6) | 4 | Long Branch C = 0 | • | • | • | • | • |
| BCS | BCS | 25 | 3 | 2 | Branch C = 1 | • | • | • | • | • |
| | LBCS | 10 25 | 5(6) | 4 | Long Branch C = 1 | • | • | • | • | • |
| BEQ | BEQ | 27 | 3 | 2 | Branch Z = 0 | • | • | • | • | • |
| | LBEQ | 10 27 | 5(6) | 4 | Long Branch Z = 0 | • | • | • | • | • |
| BGE | BGE | 2C | 3 | 2 | Branch ≥ Zero | • | • | • | • | • |
| | LBGE | 10 2C | 5(6) | 4 | Long Branch ≥ Zero | • | • | • | • | • |
| BGT | BGT | 2E | 3 | 2 | Branch > Zero | • | • | • | • | • |
| | LBGT | 10 2E | 5(6) | 4 | Long Branch > Zero | • | • | • | • | • |
| BHI | BHI | 22 | 3 | 2 | Branch Higher | • | • | • | • | • |
| | LBHI | 10 22 | 5(6) | 4 | Long Branch Higher | • | • | • | • | • |
| BHS | BHS | 24 | 3 | 2 | Branch Higher or Same | • | • | • | • | • |
| | LBHS | 10 24 | 5(6) | 4 | Long Branch Higher or Same | • | • | • | • | • |
| BLE | BLE | 2F | 3 | 2 | Branch ≤ Zero | • | • | • | • | • |
| | LBLE | 10 2F | 5(6) | 4 | Long Branch ≤ Zero | • | • | • | • | • |
| BLO | BLO | 25 | 3 | 2 | Branch lower | • | • | • | • | • |
| | LBLO | 10 25 | 5(6) | 4 | Long Branch Lower | • | • | • | • | • |

| Instruction | Forme | Adressing Mode<br>Relative<br>OP | <br><br>~ | <br><br># | Description | 5<br>H | 3<br>N | 2<br>Z | 1<br>V | 0<br>C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BLS | BLS | 23 | 3 | 2 | Branch Lower or Same | • | • | • | • | • |
| | LBLS | 10<br>23 | 5(6) | 4 | Long Branch Lower or Same | • | • | • | • | • |
| BLT | BLT | 2D | 3 | 2 | Branch < Zero | • | • | • | • | • |
| | LBLT | 10<br>2D | 5(6) | 4 | Long Branch < Zero | • | • | • | • | • |
| BMI | BMI | 2B | 3 | 2 | Branch Minus | • | • | • | • | • |
| | LBMI | 10<br>2B | 5(6) | 4 | Long Branch Minus | • | • | • | • | • |
| BNE | BNE | 26 | 3 | 2 | Branch Z≠0 | • | • | • | • | • |
| | LBNE | 10<br>26 | 5(6) | 4 | Long Branch Z≠0 | • | • | • | • | • |
| BPL | BPL | 2A | 3 | 2 | Branch Plus | • | • | • | • | • |
| | LBPL | 10<br>2A | 5(6) | 4 | Long Branch Plus | • | • | • | • | • |
| BRA | BRA | 20 | 3 | 2 | Branch Always | • | • | • | • | • |
| | LBRA | 16 | 5 | 3 | Long Branch Always | • | • | • | • | • |
| BRN | BRN | 21 | 3 | 2 | Branch Never | • | • | • | • | • |
| | LBRN | 10<br>21 | 5 | 4 | Long Branch Never | • | • | • | • | • |
| BSR | BSR | BD | 7 | 2 | Branch to Subroutine | • | • | • | • | • |
| | LBSR | 17 | 9 | 3 | Long Branch to Subroutine | • | • | • | • | • |
| BVC | BVC | 28 | 3 | 2 | Branch V = 0 | • | • | • | • | • |
| | LBVC | 10<br>28 | 5(6) | 4 | Long Branch V = 0 | • | • | • | • | • |
| BVS | BVS | 29 | 3 | 2 | Branch V = 1 | • | • | • | • | • |
| | LBVS | 10<br>29 | 5(6) | 4 | Long Branch V = 1 | • | • | • | • | • |

## 2. Instructions

| Instruction | Forme | Adressing Modes | | | | | | | | | | | | | | | Description | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Immediate | | | Direct | | | Indexed | | | Extended | | | Inherent | | | | | | | | |
| | | Op | ~ | # | Op | ~ | # | Op | ~ | # | Op | ~ | # | Op | ~ | # | | | | | | |
| ABX | | | | | | | | | | | | | | 3A | 3 | 1 | B + X → X (Unsigned) | | | | | |
| ADC | ADCA | 89 | 2 | 2 | 99 | 4 | 2 | A9 | 4+ | 2+ | B9 | 5 | 3 | | | | A + M + C → A | | | | | |
| | ADCB | C9 | 2 | 2 | D9 | 4 | 2 | E9 | 4+ | 2+ | F9 | 5 | 3 | | | | B + M + C → B | | | | | |
| ADD | ADDA | 8B | 2 | 2 | 9B | 4 | 2 | AB | 4+ | 2+ | BB | 5 | 3 | | | | A + M → A | | | | | |
| | ADDB | CB | 2 | 2 | DB | 4 | 2 | EB | 4+ | 2+ | FB | 5 | 3 | | | | B + M → B | ↕ | | | | |
| | ADDD | C3 | 4 | 3 | D3 | 6 | 2 | E3 | 6+ | 2+ | F3 | 7 | 3 | | | | D + M M + 1 → D | • | ↕ | | | |
| AND | ANDA | 84 | 2 | 2 | 94 | 4 | 2 | A4 | 4+ | 2+ | B4 | 5 | 3 | | | | A ∧ M → A | • | ↕ | ↕ | | |
| | ANDB | C4 | 2 | 2 | D4 | 4 | 2 | E4 | 4+ | 2+ | F4 | 5 | 3 | | | | B ∧ M → B | • | ↕ | ↕ | 0 | |
| | ANDCC | 1C | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | | CC ∧ IMM → CC | | | | | 7 |
| ASL | ASLA | | | | | | | | | | | | | 48 | 2 | 1 | A | 8 | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | ASLB | | | | | | | | | | | | | 58 | 2 | 1 | B | 8 | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | ASL | | | | 08 | 6 | 2 | 68 | 6+ | 2+ | 78 | 7 | 3 | | | | M | 8 | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| ASR | ASRA | | | | | | | | | | | | | 47 | 2 | 1 | A | 8 | ↕ | ↕ | • | ↕ |
| | ASRB | | | | | | | | | | | | | 57 | 2 | 1 | B | 8 | ↕ | ↕ | • | ↕ |
| | ASR | | | | 07 | 6 | 2 | 67 | 6+ | 2+ | 77 | 7 | 3 | | | | M | 8 | ↕ | ↕ | • | ↕ |
| BIT | BITA | 85 | 2 | 2 | 95 | 4 | 2 | A5 | 4+ | 2+ | B5 | 5 | 3 | | | | Bit Test A (M ∧ A) | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | BITB | C5 | 2 | 2 | D5 | 4 | 2 | E5 | 4+ | 2+ | F5 | 5 | 3 | | | | Bit Test B (M ∧ B) | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| CLR | CLRA | | | | | | | | | | | | | 4F | 2 | 1 | 0 → A | • | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | CLRB | | | | | | | | | | | | | 5F | 2 | 1 | 0 → B | • | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | CLR | | | | 0F | 6 | 2 | 6F | 6+ | 2+ | 7F | 7 | 3 | | | | 0 → M | • | 0 | 1 | 0 | 0 |
| CMP | CMPA | B1 | 2 | 2 | 91 | 4 | 2 | A1 | 4+ | 2+ | B1 | 5 | 3 | | | | Compare M from A | 8 | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | CMPB | C1 | 2 | 2 | D1 | 4 | 2 | E1 | 4+ | 2+ | F1 | 5 | 3 | | | | Compare M from B | 8 | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | CMPD | 10 | 5 | 4 | 10 | 7 | 3 | 10 | 7+ | 3+ | 10 | 8 | 4 | | | | Compare M M + 1 from D | • | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | | 83 | | | 93 | | | A3 | | | B3 | | | | | | | | | | | |
| | CMPS | 11 | 5 | 4 | 11 | 7 | 3 | 11 | 7+ | 3+ | 11 | 8 | 4 | | | | Compare M M + 1 from S | • | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | | BC | | | 9C | | | AC | | | BC | | | | | | | | | | | |
| | CMPU | 11 | 5 | 4 | 11 | 7 | 3 | 11 | 7+ | 3+ | 11 | 8 | 4 | | | | Compare M M + 1 from U | • | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | | 83 | | | 93 | | | A3 | | | B3 | | | | | | | | | | | |
| | CMPX | 8C | 4 | 3 | 9C | 6 | 2 | AC | 6+ | 2+ | BC | 7 | 3 | | | | Compare M M + 1 from X | • | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | CMPY | 10 | 5 | 4 | 10 | 7 | 3 | 10 | 7+ | 3+ | 10 | 8 | 4 | | | | Compare M M + 1 from Y | • | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | | 8C | | | 9C | | | AC | | | BC | | | | | | | | | | | |
| COM | COMA | | | | | | | | | | | | | 43 | 2 | 1 | $\overline{A}$ → A | • | ↕ | ↕ | 0 | 1 |
| | COMB | | | | | | | | | | | | | 53 | 2 | 1 | $\overline{B}$ → B | • | ↕ | ↕ | 0 | 1 |
| | COM | | | | 03 | 6 | 2 | 63 | 6+ | 2+ | 73 | 7 | 3 | | | | $\overline{M}$ → M | • | ↕ | ↕ | 0 | 1 |
| CWAI | | 3C | ≥20 | 2 | | | | | | | | | | | | | CC ∧ IMM → CC Wait for Interrupt | | | | | 7 |
| DAA | | | | | | | | | | | | | | 19 | 2 | 1 | Decimal Adjust A | • | ↕ | ↕ | 0 | ↕ |
| DEC | DECA | | | | | | | | | | | | | 4A | 2 | 1 | A − 1 → A | • | ↕ | ↕ | ↕ | • |
| | DECB | | | | | | | | | | | | | 5A | 2 | 1 | B − 1 → B | • | ↕ | ↕ | ↕ | • |
| | DEC | | | | 0A | 6 | 2 | 6A | 6+ | 2+ | 7A | 7 | 3 | | | | M − 1 → M | • | ↕ | ↕ | ↕ | • |
| EOR | EORA | 88 | 2 | 2 | 98 | 4 | 2 | A8 | 4+ | 2+ | B8 | 5 | 3 | | | | A ⊻ M → A | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | EORB | C8 | 2 | 2 | D8 | 4 | 2 | E8 | 4+ | 2+ | F8 | 5 | 3 | | | | B ⊻ M → B | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| EXG | R1, R2 | 1E | 8 | 2 | | | | | | | | | | | | | R1 ↔ R2[2] | • | • | • | • | • |
| INC | INCA | | | | | | | | | | | | | 4C | 2 | 1 | A + 1 → A | • | ↕ | ↕ | ↕ | • |
| | INCB | | | | | | | | | | | | | 5C | 2 | 1 | B + 1 → B | • | ↕ | ↕ | ↕ | • |
| | INC | | | | 0C | 6 | 2 | 6C | 6+ | 2+ | 7C | 7 | 3 | | | | M + 1 → M | • | ↕ | ↕ | ↕ | • |
| JMP | | | | | 0E | 3 | 2 | 6E | 3+ | 2+ | 7E | 4 | 3 | | | | EA[3] → PC | • | • | • | • | • |
| JSR | | | | | 9D | 7 | 2 | AD | 7+ | 2+ | BD | 8 | 3 | | | | Jump to Subroutine | • | • | • | • | • |
| LD | LDA | 86 | 2 | 2 | 96 | 4 | 2 | A6 | 4+ | 2+ | B6 | 5 | 3 | | | | M → A | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | LDB | C6 | 2 | 2 | D6 | 4 | 2 | E6 | 4+ | 2+ | F6 | 5 | 3 | | | | M → B | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | LDD | CC | 3 | 3 | DC | 5 | 2 | EC | 5+ | 2+ | FC | 6 | 3 | | | | M M + 1 → D | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | LDS | 10 | 4 | 4 | 10 | 6 | 3 | 10 | 6+ | 3+ | 10 | 7 | 4 | | | | M M + 1 → S | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | | CE | | | DE | | | EE | | | FE | | | | | | | | | | | |
| | LDU | CE | 3 | 3 | DE | 5 | 2 | EE | 5+ | 2+ | FE | 6 | 3 | | | | M M + 1 → U | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | LDX | 8E | 3 | 3 | 9E | 5 | 2 | AE | 5+ | 2+ | BE | 6 | 3 | | | | M M + 1 → X | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | LDY | 10 | 4 | 4 | 10 | 6 | 3 | 10 | 6+ | 3+ | 10 | 7 | 4 | | | | M M + 1 → Y | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | | 8E | | | 9E | | | AE | | | BE | | | | | | | | | | | |
| LEA | LEAS | | | | | | | 32 | 4+ | 2+ | | | | | | | EA[3] → S | • | • | • | • | • |
| | LEAU | | | | | | | 33 | 4+ | 2+ | | | | | | | EA[3] → U | • | • | • | • | • |
| | LEAX | | | | | | | 30 | 4+ | 2+ | | | | | | | EA[3] → X | • | • | ↕ | • | • |
| | LEAY | | | | | | | 31 | 4+ | 2+ | | | | | | | EA[3] → Y | • | • | ↕ | • | • |

Op : code opération en hexadécimal

~ : nombre de cycles

# : nombre d'octets

● : flag non affecté (H,N,Z,V,C)

↕ , Ø ou 1 : flag affecté

+ (adressage indexé) : Ø à 8 cycles et Ø à 2 octets à ajouter selon le post-octet (voir annexe 4)

| Instruction | Forme | Immediate | | | Direct | | | Indexed | | | Extended | | | Inherent | | | Description | 5 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Op | – | # | Op | – | # | Op | – | # | Op | – | # | Op | – | # | | H | N | Z | V | |
| LSL | LSLA | | | | | | | | | | | | | 48 | 2 | 1 | A } C ← b7 … b0 ← 0 | • | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | LSLB | | | | | | | | | | | | | 58 | 2 | 1 | B | • | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | LSL | | | | 08 | 6 | 2 | 68 | 6+ | 2+ | 78 | 7 | 3 | | | | M | • | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| LSR | LSRA | | | | | | | | | | | | | 44 | 2 | 1 | A } 0 → b7 … b0 → C | • | 0 | ↕ | • | ↕ |
| | LSRB | | | | | | | | | | | | | 54 | 2 | 1 | B | • | 0 | ↕ | • | ↕ |
| | LSR | | | | 04 | 6 | 2 | 64 | 6+ | 2+ | 74 | 7 | 3 | | | | M | • | 0 | ↕ | • | ↕ |
| MUL | | | | | | | | | | | | | | 3D | 11 | 1 | A × B – D (Unsigned) | • | • | ↕ | • | 9 |
| NEG | NEGA | | | | | | | | | | | | | 40 | 2 | 1 | $\overline{A}$ + 1 – A | 8 | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | NEGB | | | | | | | | | | | | | 50 | 2 | 1 | $\overline{B}$ + 1 – B | 8 | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | NEG | | | | 00 | 6 | 2 | 60 | 6+ | 2+ | 70 | 7 | 3 | | | | $\overline{M}$ + 1 – M | 8 | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| NOP | | | | | | | | | | | | | | 12 | 2 | 1 | No Operation | • | • | • | • | • |
| OR | ORA | BA | 2 | 2 | 9A | 4 | 2 | AA | 4+ | 2+ | BA | 5 | 3 | | | | A v M – A | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | ORB | CA | 2 | 2 | DA | 4 | 2 | EA | 4+ | 2+ | FA | 5 | 3 | | | | B v M – B | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | ORCC | 1A | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | | CC v IMM – CC | | | | 7 | |
| PSH | PSHS | 34 | 5+ [4] | 2 | | | | | | | | | | | | | Push Registers on S Stack | • | • | • | • | • |
| | PSHU | 36 | 5+ [4] | 2 | | | | | | | | | | | | | Push Registers on U Stack | • | • | • | • | • |
| PUL | PULS | 35 | 5+ [4] | 2 | | | | | | | | | | | | | Pull Registers from S Stack | • | • | • | • | • |
| | PULU | 37 | 5+ [4] | 2 | | | | | | | | | | | | | Pull Registers from U Stack | • | • | • | • | • |
| ROL | ROLA | | | | | | | | | | | | | 49 | 2 | 1 | A } C ← b7 … b0 ← C | • | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | ROLB | | | | | | | | | | | | | 59 | 2 | 1 | B | • | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | ROL | | | | 09 | 6 | 2 | 69 | 6+ | 2+ | 79 | 7 | 3 | | | | M | • | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| ROR | RORA | | | | | | | | | | | | | 46 | 2 | 1 | A } C → b7 … b0 → C | • | ↕ | ↕ | • | ↕ |
| | RORB | | | | | | | | | | | | | 56 | 2 | 1 | B | • | ↕ | ↕ | • | ↕ |
| | ROR | | | | 06 | 6 | 2 | 66 | 6+ | 2+ | 76 | 7 | 3 | | | | M | • | ↕ | ↕ | • | ↕ |
| RTI | | | | | | | | | | | | | | 3B | 6/15 | 1 | Return From Interrupt | | | | | 7 |
| RTS | | | | | | | | | | | | | | 39 | 5 | 1 | Return from Subroutine | • | • | • | • | • |
| SBC | SBCA | 82 | 2 | 2 | 92 | 4 | 2 | A2 | 4+ | 2+ | B2 | 5 | 3 | | | | A – M – C – A | 8 | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | SBCB | C2 | 2 | 2 | D2 | 4 | 2 | E2 | 4+ | 2+ | F2 | 5 | 3 | | | | B – M – C – B | 8 | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| SEX | | | | | | | | | | | | | | 1D | 2 | 1 | Sign Extend B into A | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| ST | STA | | | | 97 | 4 | 2 | A7 | 4+ | 2+ | B7 | 5 | 3 | | | | A – M | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | STB | | | | D7 | 4 | 2 | E7 | 4+ | 2+ | F7 | 5 | 3 | | | | B – M | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | STD | | | | DD | 5 | 2 | ED | 5+ | 2+ | FD | 6 | 3 | | | | D – M M+1 | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | STS | | | | 10 | 6 | 3 | 10 | 6+ | 3+ | 10 | 7 | 4 | | | | S – M M+1 | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | | | | | DF | | | EF | | | FF | | | | | | | | | | | |
| | STU | | | | DF | 5 | 2 | EF | 5+ | 2+ | FF | 6 | 3 | | | | U – M M+1 | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | STX | | | | 9F | 5 | 2 | AF | 5+ | 2+ | BF | 6 | 3 | | | | X – M M+1 | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | STY | | | | 10 | 6 | 3 | 10 | | | 10 | 7 | 4 | | | | Y – M M+1 | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | | | | | 9F | | | AF | 6+ | 3+ | BF | | | | | | | | | | | |
| SUB | SUBA | 80 | 2 | 2 | 90 | 4 | 2 | A0 | 4+ | 2+ | B0 | 5 | 3 | | | | A – M – A | 8 | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | SUBB | C0 | 2 | 2 | D0 | 4 | 2 | E0 | 4+ | 2+ | F0 | 5 | 3 | | | | B – M – B | 8 | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| | SUBD | 83 | 4 | 3 | 93 | 6 | 2 | A3 | 6+ | 2+ | B3 | 7 | 3 | | | | D – M M+1 – D | • | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| SWI | SWI [6] | | | | | | | | | | | | | 3F | 19 | 1 | Software Interrupt 1 | • | • | • | • | • |
| | SWI2 [6] | | | | | | | | | | | | | 10 | 20 | 2 | Software Interrupt 2 | • | • | • | • | • |
| | | | | | | | | | | | | | | 3F | | | | | | | | |
| | SWI3 [6] | | | | | | | | | | | | | 11 | 20 | 1 | Software Interrupt 3 | • | • | • | • | • |
| | | | | | | | | | | | | | | 3F | | | | | | | | |
| SYNC | | | | | | | | | | | | | | 13 | ≥ 4 | 1 | Synchronize to Interrupt | • | • | • | • | • |
| TFR | R1, R2 | 1F | 6 | 2 | | | | | | | | | | | | | R1 – R2 [2] | • | • | • | • | • |
| TST | TSTA | | | | | | | | | | | | | 4D | 2 | 1 | Test A | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | TSTB | | | | | | | | | | | | | 5D | 2 | 1 | Test B | • | ↕ | ↕ | 0 | • |
| | TST | | | | 0D | 6 | 2 | 6D | 6+ | 2+ | 7D | 7 | 3 | | | | Test M | • | ↕ | ↕ | 0 | • |

*Notes* :

3 : EA est l'adresse effective ("effective adress")
4 : 5 cycles pour PSH et PUL, plus 1 cycle pour chaque octet transféré
5(6) : Branchements longs : 6 cycles si branchement effectué, 5 sinon
6 : SWI positionne I et F à 1 (pas SWI2 ou SWI3)
8 : Valeur de H non définie
9 : cas spécial pour MUL : 1→C si bit 7 = 1

# Annexe 4

# Adressages indexés et relatifs — conversions décimal/hexa

# 1. Adressages indexés

| Type | Forms | Non Indirect | | | | Indirect | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Assembler Form | Postbyte Op Code | + ~ | + # | Assembler Form | Postbyte Op Code | + ~ | + # |
| Constant Offset From R | No Offset | ,R | 1RR00100 | 0 | 0 | [,R] | 1RR10100 | 3 | 0 |
| (2's Complement Offsets) | 5 Bit Offset | n, R | 0RRnnnnn | 1 | 0 | defaults to 8-bit | | | |
| | 8 Bit Offset | n, R | 1RR01000 | 1 | 1 | [n, R] | 1RR11000 | 4 | 1 |
| | 16 Bit Offset | n, R | 1RR01001 | 4 | 2 | [n, R] | 1RR11001 | 7 | 2 |
| Accumulator Offset From R | A Register Offset | A, R | 1RR00110 | 1 | 0 | [A, R] | 1RR10110 | 4 | 0 |
| (2's Complement Offsets) | B Register Offset | B, R | 1RR00101 | 1 | 0 | [B, R] | 1RR10101 | 4 | 0 |
| | D Register Offset | D, R | 1RR01011 | 4 | 0 | [D, R] | 1RR11011 | 7 | 0 |
| Auto Increment/Decrement R | Increment By 1 | ,R+ | 1RR00000 | 2 | 0 | not allowed | | | |
| | Increment By 2 | ,R++ | 1RR00001 | 3 | 0 | [,R++] | 1RR10001 | 6 | 0 |
| | Decrement By 1 | ,−R | 1RR00010 | 2 | 0 | not allowed | | | |
| | Decrement By 2 | ,−−R | 1RR00011 | 3 | 0 | [,−−R] | 1RR10011 | 6 | 0 |
| Constant Offset From PC | 8 Bit Offset | n, PCR | 1xx01100 | 1 | 1 | [n, PCR] | 1xx11100 | 4 | 1 |
| (2's Complement Offsets) | 16 Bit Offset | n, PCR | 1xx01101 | 5 | 2 | [n, PCR] | 1xx11101 | 8 | 2 |
| Extended Indirect | 16 Bit Address | − | − | − | − | [n] | 10011111 | 5 | 2 |

R : X,Y,U ou S
RR : ØØ → X
RR : Ø1 ↔ Y
1Ø ↔ U
11 ↔ S

x : indifférent

~ : NOMBRE DE CYCLES SUPPLÉMENTAIRES
# : NOMBRE D'OCTETS SUPPLÉMENTAIRES

## 2. Adressages relatifs

| 1er chiffre \ 2d chiffre | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | + 1 | + 2 | + 3 | + 4 | + 5 | + 6 | + 7 | + 8 | + 9 | + 10 | + 11 | + 12 | + 13 | + 14 | + 15 |
| 1 | + 16 | + 17 | + 18 | + 19 | + 20 | + 21 | + 22 | + 23 | + 24 | + 25 | + 26 | + 27 | + 28 | + 29 | + 30 | + 31 |
| 2 | + 32 | + 33 | + 34 | + 35 | + 36 | + 37 | + 38 | + 39 | + 40 | + 41 | + 42 | + 43 | + 44 | + 45 | + 46 | + 47 |
| 3 | + 48 | + 49 | + 50 | + 51 | + 52 | + 53 | + 54 | + 55 | + 56 | + 57 | + 56 | + 59 | + 60 | + 61 | + 62 | + 63 |
| 4 | + 64 | + 65 | + 66 | + 67 | + 68 | + 69 | + 70 | + 71 | + 72 | + 73 | + 74 | + 75 | + 76 | + 77 | + 78 | + 79 |
| 5 | + 80 | + 81 | + 82 | + 83 | + 84 | + 85 | + 86 | + 87 | + 88 | + 89 | + 90 | + 91 | + 92 | + 93 | + 94 | + 95 |
| 6 | + 96 | + 97 | + 98 | + 99 | + 100 | + 101 | + 102 | + 103 | + 104 | + 105 | + 106 | + 107 | + 108 | + 109 | + 110 | + 111 |
| 7 | + 112 | + 113 | + 114 | + 115 | + 116 | + 117 | + 118 | + 119 | + 120 | + 121 | + 122 | + 123 | + 124 | + 125 | + 126 | + 127 |
| 8 | − 128 | − 127 | − 126 | − 125 | − 124 | − 123 | − 122 | − 121 | − 120 | − 119 | − 118 | − 117 | − 116 | − 115 | − 114 | − 113 |
| 9 | − 112 | − 111 | − 110 | − 109 | − 108 | − 107 | − 106 | − 105 | − 104 | − 103 | − 102 | − 101 | − 100 | − 99 | − 98 | − 97 |
| A | − 96 | − 95 | − 94 | − 93 | − 92 | − 91 | + 90 | − 89 | − 88 | − 87 | − 86 | − 85 | − 84 | − 83 | − 82 | − 61 |
| B | − 80 | − 79 | − 78 | − 77 | − 76 | − 75 | − 74 | − 73 | − 72 | − 71 | − 70 | − 69 | − 68 | − 67 | − 66 | − 65 |
| C | − 64 | − 63 | − 62 | − 61 | − 60 | − 59 | − 58 | − 57 | − 56 | − 55 | − 54 | − 53 | − 52 | − 51 | − 50 | − 49 |
| D | − 48 | − 47 | − 46 | − 45 | − 44 | − 43 | − 42 | − 41 | − 40 | − 39 | − 38 | − 37 | − 36 | − 35 | − 34 | − 33 |
| E | − 32 | − 31 | − 30 | − 29 | − 28 | − 27 | − 26 | − 25 | − 24 | − 23 | − 22 | − 21 | − 20 | − 19 | − 18 | − 17 |
| F | − 16 | − 15 | − 14 | − 13 | − 12 | − 11 | − 10 | − 9 | − 8 | − 7 | − 6 | − 5 | − 4 | − 3 | − 2 | − 1 |

## 3. Conversion décimal/hexa

| Chiffre hexadécimal | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | | 3 | | 2 | | 1 | |
| HEXA | DEC. | HEXA | DEC. | HEXA | DEC. | HEXA | DEC. |
| Ø | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø |
| 1 | 4Ø96 | 1 | 256 | 1 | 16 | 1 | 1 |
| 2 | 8192 | 2 | 512 | 2 | 32 | 2 | 2 |
| 3 | 12288 | 3 | 768 | 3 | 48 | 3 | 3 |
| 4 | 16384 | 4 | 1Ø24 | 4 | 64 | 4 | 4 |
| 5 | 2Ø48Ø | 5 | 128Ø | 5 | 8Ø | 5 | 5 |
| 6 | 24576 | 6 | 1536 | 6 | 96 | 6 | 6 |
| 7 | 28672 | 7 | 1792 | 7 | 112 | 7 | 7 |
| 8 | 32768 | 8 | 2Ø48 | 8 | 128 | 8 | 8 |
| 9 | 36864 | 9 | 23Ø4 | 9 | 144 | 9 | 9 |
| A | 4Ø96Ø | A | 256Ø | A | 16Ø | A | 1Ø |
| B | 45Ø56 | B | 2816 | B | 176 | B | 11 |
| C | 49152 | C | 3Ø72 | C | 192 | C | 12 |
| D | 53248 | D | 3328 | D | 2Ø8 | D | 13 |
| E | 57344 | E | 3584 | E | 224 | E | 14 |
| F | 6144Ø | F | 384Ø | F | 24Ø | F | 15 |

**Conversion décimal/hexa — Branchements relatifs longs**

# Annexe 5
# Code ASCII

| Code décimal | Code hexa | | Code décimal | Code hexa | | Code décimal | Code hexa | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ø | ØØ | NUL | 42 | 2A | * | 85 | 55 | U |
| 1 | Ø1 | | 43 | 2B | + | 86 | 56 | V |
| 2 | Ø2 | STOP clavier | 44 | 2C | , | 87 | 57 | W |
| 3 | Ø3 | CONT/C clavier | 45 | 2D | — | 88 | 58 | X |
| 4 | Ø4 | | 46 | 2E | . | 89 | 59 | Y |
| 5 | Ø5 | | 47 | 2F | / | 9Ø | 5A | Z |
| 6 | Ø6 | | 48 | 3Ø | Ø | 91 | 5B | [ |
| 7 | Ø7 | SONNETTE | 49 | 31 | 1 | 92 | 5C | \ |
| 8 | Ø8 | 8S(←clavier) | 5Ø | 32 | 2 | 93 | 5D | ] |
| 9 | Ø9 | HT(→clavier) | 51 | 33 | 3 | 94 | 5E | ↑ |
| 1Ø | ØA | LF( ↓ clavier) | 52 | 34 | 4 | 95 | 5F | — |
| 11 | ØB | VT( ↑ clavier) | 53 | 35 | 5 | 96 | 6Ø | — |
| 12 | ØC | RAZ clavier | 54 | 36 | 6 | 97 | 61 | a |
| 13 | ØD | ENTREE clavier | 55 | 37 | 7 | 98 | 62 | b |
| 14 | ØE | SO (semi graphique) | 56 | 38 | 8 | 99 | 63 | c |
| 15 | ØF | SI (alphanumérique) | 57 | 39 | 9 | 1ØØ | 64 | d |

| *Code décimal* | *Code hexa* | |
|---|---|---|
| 16 | 1Ø | |
| 17 | 11 | DC1 (clignot. curseur) |
| 18 | 12 | DC2 (répétition) |
| 19 | 13 | |
| 2Ø | 14 | DC4 (arrêt curseur) |
| 21 | 15 | |
| 22 | 16 | SS2 (car. accentués) |
| 23 | 17 | |
| 24 | 18 | CONT/X clavier (efface fin ligne) |
| 25 | 19 | |
| 26 | 1A | |
| 27 | 1B | ESC |
| 28 | 1C | INS clavier |
| 29 | 1D | EFF clavier |
| 3Ø | 1E | ↰ clavier |
| 31 | 1F | US |
| 32 | 2Ø | Espace |
| 33 | 21 | ! |
| 34 | 22 | " |
| 35 | 23 | # |
| 36 | 24 | $ |
| 37 | 25 | % |
| 38 | 26 | & |
| 39 | 27 | ' |
| 4Ø | 28 | ( |
| 41 | 29 | ) |

| *Code décimal* | *Code hexa* | |
|---|---|---|
| 58 | 3A | : |
| 59 | 3B | ; |
| 6Ø | 3C | < |
| 61 | 3D | = |
| 62 | 3E | > |
| 63 | 3F | ? |
| 64 | 4Ø | @ |
| 65 | 41 | A |
| 66 | 42 | B |
| 67 | 43 | C |
| 68 | 44 | D |
| 69 | 45 | E |
| 7Ø | 46 | F |
| 71 | 47 | G |
| 72 | 48 | H |
| 73 | 49 | I |
| 74 | 4A | J |
| 75 | 4B | K |
| 76 | 4C | L |
| 77 | 4D | M |
| 78 | 4E | N |
| 79 | 4F | O |
| 8Ø | 5Ø | P |
| 81 | 51 | Q |
| 82 | 52 | R |
| 83 | 53 | S |
| 84 | 54 | T |

| *Code décimal* | *Code hexa* | |
|---|---|---|
| 1Ø1 | 65 | e |
| 1Ø2 | 66 | f |
| 1Ø3 | 67 | g |
| 1Ø4 | 68 | h |
| 1Ø5 | 69 | i |
| 1Ø6 | 6A | j |
| 1Ø7 | 6B | k |
| 1Ø8 | 6C | l |
| 1Ø9 | 6D | m |
| 11Ø | 6E | m |
| 111 | 6F | o |
| 112 | 7Ø | p |
| 113 | 71 | q |
| 114 | 72 | r |
| 115 | 73 | s |
| 116 | 74 | t |
| 117 | 75 | u |
| 118 | 76 | v |
| 119 | 77 | w |
| 12Ø | 78 | x |
| 121 | 79 | y |
| 122 | 7A | z |
| 123 | 7B | { |
| 124 | 7C | \| |
| 125 | 7D | } |
| 126 | 7E | — |
| 127 | 7F | ■ |

# Annexe 6
# Instructions BASIC

| *Nom* | *Code hexa* | *Adresse hexa* |
|---|---|---|
| ATTRB | A8 | 3316 |
| AUTO | 9A | 131D |
| BEEP | A3 | 35E6 |
| BOX | A6 | 35Ø7 |
| BOXF | A646 | 35Ø7 |
| CLEAR | AE | 57B |
| CLOSE | B6 | 2DD9 |
| CLS | 9D | 35EB |
| COLOR | A4 | 33D5 |
| CONSOLE | 9E | 3353 |
| CONT | AC | 568 |
| DATA | 83 | 663 |
| DEF | A9 | 18Ø1 |
| DEFDBL | 95 | 1285 |
| DEFINT | 93 | 12AF |

| *Nom* | *Code hexa* | *Adresse hexa* |
|---|---|---|
| MERGE | B4 | 2E91 |
| MID$ | FF9C | 11ØØ |
| MOTOR | AØ | 3AF8 |
| NEW | B1 | 4B6 |
| NEXT | 82 | 16Ø5 |
| OFF | C3 | 3AF8 |
| ON | 96 | 36B5 |
| OPEN | B5 | 2EØD |
| PEN | B8 | 3635 |
| PLAY | B9 | 3F14 |
| POKE | AA | F1F |
| PRINT | AB | F78 |
| PSET | 9F | 34EC |
| READ | 85 | 28Ø5 |
| REM | 8C | 666 |

| Nom | Code hexa | Adresse hexa |
|---|---|---|
| DEFSNG | 94 | 12B2 |
| DEFSTR | 92 | 12AC |
| DELETE | 98 | 12FØ |
| DIM | 84 | AØ1 |
| ELSE | (3A)8F | 6BE |
| END | 8Ø | 53B |
| ERL | C1 | 7C2 |
| ERR | C2 | 7B6 |
| ERROR | 98 | 1799 |
| EXEC | A2 | 378F |
| FOR | 81 | 1578 |
| GO | 87 | 6Ø6 |
| IF | 89 | 697 |
| INPEN | B7 | 36E7 |
| INPUT | FFA1 | 27A5 |
| LET | 86 | 722 |
| LINE | A5 | 34F5 |
| LIST | AD | 2C74 |
| LOAD | B3 | 2E99 |
| LOCATE | 9C | 32E2 |

| Nom | Code hexa | Adresse hexa |
|---|---|---|
| | (3A)8D | 666 |
| RESTORE | 8A | 527 |
| RESUME | 99 | 17A4 |
| RETURN | 8B | 64Ø |
| RUN | 88 | 5F2 |
| SAVE | B2 | 2CB3 |
| SCREEN | FFA4 | 33CC |
| SKIPF | A1 | 39C1 |
| STEP | C6 | 15D7 |
| STOP | 8E | 544 |
| SUB | BC | 6ØE |
| THEN | C4 | 6AC |
| TO | BB | 6ØA |
| TROFF | 91 | 139F |
| TRON | 9Ø | 139E |
| UNMASK | A7 | 3453 |
| WAIT | 97 | F29 |
| WEND | BØ | 6236 |
| WHILE | AF | 6233 |

REMARQUE : La table des noms d'instructions commence en $ØØ92, celle des adresses en $26B (utilisée en $2B25).

Les instructions MID$, INPUT et SCREEN sont décodées en $2B4E.

Les variables ERL et ERR sont traitées par la routine $77Ø.

# Annexe 7
# Fonctions BASIC

| *Nom* | *Code hexa* | *Adresse hexa* |
|---|---|---|
| ABS | FF82 | 1CD5 |
| ASC | FF8E | E4F |
| CDBL | FF93 | 2518 |
| CHR$ | FF8F | E3B |
| CINT | FF91 | 24C3 |
| COS | FF87 | 2689 |
| CSNG | FF92 | 252B |
| CSRLIN | FFA2 | 35F7 |
| EOF | FF9Ø | 3Ø66 |
| EXP | FF86 | 23FB |
| FIX | FF94 | 1D61 |
| FN | BD | 623C |
| FRE | FF83 | C36 |
| GR$ | FF99 | 3781 |
| HEX$ | FF95 | 1164 |

| *Nom* | *Code hexa* | *Adresse hexa* |
|---|---|---|
| MID$ | FF9C | E7E |
| OCT$ | FF96 | 1165 |
| PEEK | FF8A | F15 |
| POINT | FFA3 | 345A |
| POS | FFA5 | 3ØD4 |
| PTRIG | FFA6 | 363Ø |
| RIGHT$ | FF9B | E77 |
| RND | FF9F | 247Ø |
| SCREEN | FFA4 | 3462 |
| SGN | FF8Ø | 1CBE |
| SIN | FF88 | 268F |
| SPC( | BE | 1Ø1F |
| SQR | FF84 | 2388 |
| STICK | FF97 | 3617 |
| STRIG | FF98 | 3627 |

| *Nom* | *Code hexa* | *Adresse hexa* |
|---|---|---|
| INKEY$ | FFAØ | 35FD |
| INPUT | FFA1 | 3Ø99 |
| INSTR | FF9D | 1Ø58 |
| INT | FF81 | 1D71 |
| LEFT$ | FF9A | E5A |
| LEN | FF8B | E32 |
| LOG | FF85 | 19EØ |

| *Nom* | *Code hexa* | *Adresse hexa* |
|---|---|---|
| STR$ | FF8C | C64 |
| TAB( | 8A | F41 |
| TAN | FF89 | 26DA |
| USING | BF | 14Ø3 |
| USR | CØ | 182C |
| VAL | FF8D | EC3 |
| VARPTR | FF9E | 17EA |

REMARQUE : La table des noms des fonctions commence en $1CF, celle des adresses en $ØØ2Ø (utilisée en $2A93).

FN et USR sont décodés par la routine $77Ø.

SPC,TAB et USING sont traitées par l'instruction PRINT ($F78).

# Annexe 8
# Les Opérateurs BASIC

| *Opérateur* | *Symbole* | *Code hexa* | *Priorité hexa* | *Adresse hexa* | *Notes* |
|---|---|---|---|---|---|
| Concaténation | + | C7 | | DBB | Décodée en $85B ; pour chaînes |
| Puissance | ↑ | CB | 7F | 2391 | Opérandes traités en $8F3 |
| — unaire | — | C8 | 7D | 25F3 | Décodé par $77Ø en $789) |
| Division | / | CA | 7C | 92Ø | |
| Multiplication | * | C9 | 7C | 25B6 | |
| Division entière | @ | D2 | 7B | 2635 | |
| Reste | MOD | D1 | 7A | 265C | |
| Addition | + | C7 | 79 | 259Ø | |
| Soustraction | — | C8 | 79 | 2582 | |
| Supérieur à | > | D3 | 64 | 266D | Traité en $97A (par $99C) |
| Egal à | = | D4 | 64 | 266D | Idem |

| Opérateur | Symbole | Code hexa | Priorité hexa | Adresse hexa | Notes |
|---|---|---|---|---|---|
| Sup.ou égal à | >= | D3D4 | 64 | 266D | Idem |
| Inférieur à | < | D5 | 64 | 266D | Idem |
| Différent de | <> | D5D3 | 64 | 266D | Idem |
| Inf. ou égal à | <= | D5D4 | 64 | 266D | Idem |
| Complément | NOT | C5 | 5A | 7A3 | Décodé par $77Ø (en $79F) |
| ET | AND | CC | 5Ø | 9E5 | |
| OU | OR | CD | 46 | 9EA | |
| OU exclusif | XOR | CE | 3C | 9EF | |
| Equivalence | EQV | CF | 32 | 9F4 | |
| Implication | IMP | DØ | 28 | 9F9 | |

REMARQUE: La table des opérateurs (priorité et adresse) commence en $ØØ6E.

Le – unaire et NOT sont traités par la routine $77Ø.

Les opérateurs de relation sont décodés en $834 (routine $81A).

# Annexe 9

# Principales adresses du BASIC

| *Adresse* | *Nombre d'octets* | *Commentaire sur le contenu* |
| --- | --- | --- |
| \$61Ø2 | 1 | Nombre d'indices d'un tableau |
| \$61Ø4 | 1 | différent de Ø pour l'instruction DIM |
| \$61Ø5 | 1 | type d'une valeur |
| \$61Ø7 | 1 | contient 1 si on veut l'adresse du début d'un tableau |
| \$611C | 2 | Adresse 1ere instruction du programme (\$65F5) |
| \$611E | 2 | Adresse début zone des variables |
| \$612Ø | 2 | Adresse début zone des tableaux |
| \$6122 | 2 | Adresse début zone libre |
| \$6124 | 2 | Adresse du "fond" de la pile système |
| \$612A | 2 | Adresse fin zone des chaînes |
| \$612C | 2 | Numéro de la ligne courante du programme (ou &HFFFF si on est en mode direct) |
| \$613Ø | 2 | Valeur d'une étiquette de branchement |
| \$6138 | 2 | Pointeur de ligne de DATA |
| \$613D | 2 | Adresse de la valeur d'une variable |
| \$613F | 2 | Adresse où l'on doit affecter une valeur |

| *Adresse* | *Nombre d'octets* | *Commentaire sur le contenu* |
|---|---|---|
| $6155 | 8 | Accumulateur flottant (FAC) |
| $615D | 1 | Signe de la valeur située dans FAC |
| $6163 | 9 | Second accumulateur flottant (et signe) |
| $6186 | 1 | Différent de Ø en mode trace (TRON) |
| $618C | 2 | Adresse du sommet de la pile (valeur de S) |
| $61A2 | 1 | Différent de Ø en mode protégé |
| $61B9 | 2 | Adresse du caractère courant du programme |
| $61CA | 3 | Contient JMP $7E9 (vérifie qu'on a une virgule) |
| $61CD | 3 | Contient JMP $25Ø2 (Détermine le type d'une valeur) |
| $61DØ | 3 | Contient JMP $7EB (vérifie la syntaxe) |
| $62Ø1 | 1 | Nombre des instructions et opérateurs BASIC |
| $62Ø2 | 2 | Adresse de la table des instructions |
| $62Ø4 | 2 | Adresse table des adresses de traitement des instructions |
| $62Ø6 | 1 | Nombre des fonctions BASIC |
| $62Ø7 | 2 | Adresse de la table des fonctions |
| $62Ø9 | 2 | Adresse de la table des adresses de traitement des fonctions |
| $6233 | 3 | Traitement de WHILE (JMP $7F3 : SN Error) |
| $6236 | 3 | Traitement de WEND (Idem) |
| $6239 | 3 | Traitement de DEFFN (Idem) |
| $623C | 3 | Traitement de FN (Idem) |
| $626D | 3*2Ø | Points de contrôles de diverses routines |
| $62AC | 1 | Nombre de caractères dans le buffer d'E/S (cassette) |
| $62AD | 2 | Adresse du caractère courant du buffer d'E/S |
| $6282 | 255 | Buffer d'E/S (cassette) |
| $6445 | 255 | Buffer d'entrée par le clavier |
| $657A | 16 | Nom d'une variable ou d'un tableau |
| $65AC | 2 | Avant dernière adresse de la RAM |
| $65B1 | 1 | Code de la dernière touche enfoncée au clavier |

# Annexe 10

# Principales routines du BASIC

| *Adresse hexa* | *Commentaire* | *Page* |
|---|---|---|
| 2F3 | Recherche dans la pile le FOR associé au NEXT rencontré . . . . . . . . . . | 73 |
| 336 | Test de dépassement de capacité mémoire (OM Error) | |
| 353 | Traitement de l'erreur dont code dans B . . . . . . . . . . | 55 |
| 4AØ | Recherche d'un numéro de ligne | |
| 66B | Recherche de la fin de l'instruction courante . . . . . . . . | 70 |
| 66E | Recherche de la fin de la ligne courante . . . . . . . . . . | 70 |
| 6FD | Calcul d'une étiquette (numéro de ligne) | |
| 734 | Conversion et rangement d'une valeur (numérique ou chaîne) . . . . . . . . . . | 62 |
| 77Ø | Calcul de la valeur d'un opérande . . . . . . . . . . | 64 |
| 7EB | Contrôle de syntaxe ; caractère suivant→A . . . . . . . . . . | 63 |
| 8ØØ | Valeur (adresse si chaîne) d'une variable→Accu. flottant FAC | |
| 81A | Calcul d'une expression, retournée dans FAC . . . . . . . . | 63 |
| 8BD | Permutation des 2 accus. flottants (FAC en $6155, et $6163) | |

| *Adresse hexa* | *Commentaire* | *Page* |
|---|---|---|
| A48 | Recherche (et création éventuelle) d'une variable ou d'un élément de tableau . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 60 |
| BØ5 | Calcul d'une valeur entière positive, retournée dans $6157,58 | |
| C59 | Registre D→$6157,58 ; #Ø2→$61Ø5 (type entier) | |
| 1Ø55 | Affichage du caractère dont code dans A | |
| 16AC | Recherche du WEND associé au WHILE rencontré . . . . | 74 |
| 16AD | Recherche du NEXT associé au FOR rencontré . . . . . . . | 74 |
| 1ABF | Chargement du 2d Accu. flottant ($6163) avec une valeur réelle | |
| 1CØ2 | Chargement de FAC avec une valeur (adresse dans X) | |
| 1C38 | Inverse de 1CØ2 : FAC→mémoire | |
| 1C64 | 2d accu. flottant→FAC | |
| 1C81 | Inverse de 1C64 : FAC→2d accu. flottant | |
| 1CC8 | Test de valeur logique " FAUX"(Ø) dans FAC (→Z=1) | |
| 1ED1 | Affichage de la valeur contenue dans D | |
| 25Ø2 | Détermination du type d'une valeur (positionne CC) . . . | 63 |
| 251Ø | Conversion en cas de mélange de type | |
| 2AED | Boucle d'exécution des programmes . . . . . . . . . . . . . . . | 55 |
| 2B25 | Traitement des instructions . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 53 |
| 34CB | Traitement des coordonnées d'un point graphique | |
| 354B | Traitement des paramètres des instructions graphiques | 76 |

**Page Ø :**

| *Adresse hexa* | *Commentaire* | *Page* |
|---|---|---|
| 61B2($B2) | Caractère courant suivant retourné dans A . . . . . . . . . . | 53 |
| 61B8($B8) | Caractère courant retourné dans A . . . . . . . . . . . . . . . . | 54 |
| 61CA($CA) | Vérifie que " , " ; caractère suivant | |
| 61CD($CD) | Branche en $25Ø2 (détermination d'un type) | |
| 61DØ($DØ) | Branche en $7EB (contrôle de syntaxe) | |

REMARQUES : A,B,CC et X désignent les registres du 68Ø9

FAC désigne l'accumulateur flottant,situé en $6155

Achevé d'imprimer sur les presses
de **CID** *éditions* à Nantes
Dépôt légal : février 1985
N° d'Éditeur : 4219